IA. I. PERELMAN

FIZICA DISTRACTIVĂ

★ ★

Traducere din limba rusă de
LIDIA ȘARGU și VASILE SUCIU

EDITURA TINERETULUI

Desene după originalul l. ruse

Coperta de DUMITRU IONESCU

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

КНИГА 2 — ИЗДАНИЕ СЕМНАДЦАТОЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

МОСКВА — 1965

DIN PARTEA REDACȚIEI SOVIETICE

Ediția de față a cărții *Fizica distractivă* de Ia. I. Perelman este cea de-a 17 a. Precedenta ediție a apărut cu cinci ani în urmă și s-a epuizat de mult.

Cartea își datorează succesul talentului deosebit al autorului de a observa și a culege din viață fapte și fenomene obișnuite, dar în același timp cu sensuri profunde în esența lor fizică. Forma accesibilă și caracterul distractiv al expunerii au contribuit și ele la popularitatea de care se bucură această lucrare.

Scriindu-și cartea, autorul i-a stabilit cu precizie scopul. Povestind despre noțiuni și legi de mult cunoscute și bine determinate, autorul își raportează expunerea la bazele fizicii moderne, căutînd să obișnuiască cititorul de „a gîndi în spiritul fizicii". Privind lucrurile de pe aceste poziții, este ușor de înțeles de ce nu s-a rezervat loc pentru cele mai noi realizări ale radioelectronicii, fizicii atomice și altor probleme actuale.

Această carte, scrisă cu aproape o jumătate de secol în urmă, a fost mereu prelucrată și completată de autor pînă la ediția a 13-a inclusiv (1936). Edițiile a 14-a și a 15-a (1947 și 1949), care au apărut după moartea autorului, au fost redactate de prof. A. B. Mlodzeevski. La pregătirea și la redactarea ediției a 16-a a participat docentul V. A. Ugarov.

Reeditînd din nou *Fizica distractivă*, redacția nu și-a propus o prelucrare radicală a textului acestei cărți, a cărei reputație este recunoscută. De aceea au fost înlocuite în textul original doar unele cifre și definiții depășite, au fost eliminate unele proiecte care nu au dat rezultatele scontate, au fost reînnoite și corectate unele desene și au fost făcute cîteva completări și observații la text.

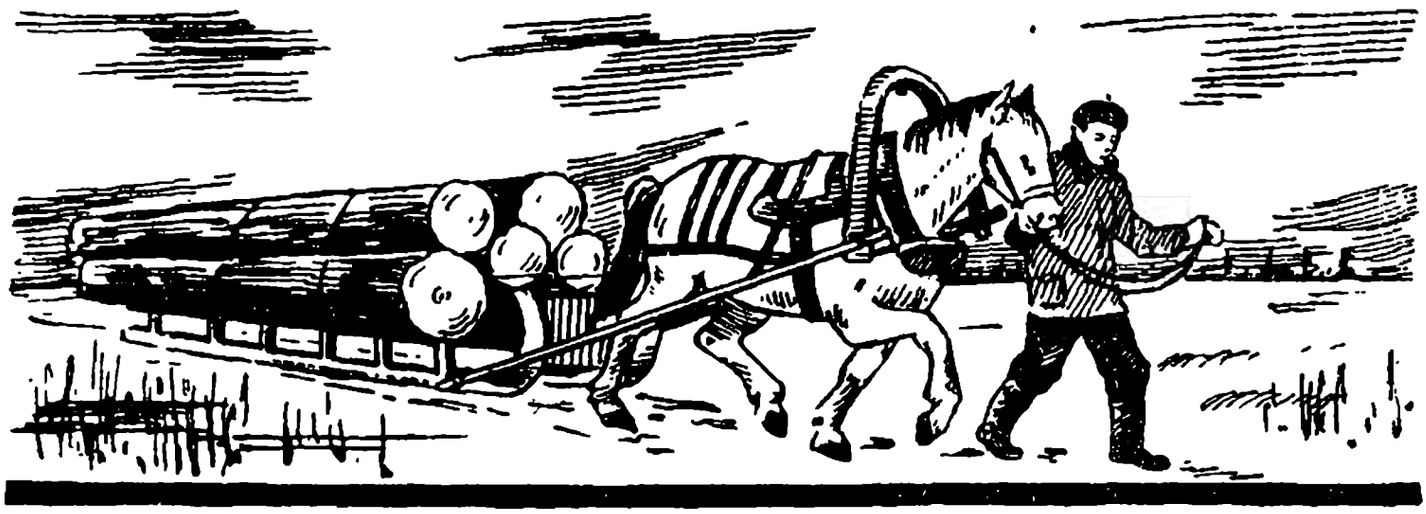
DIN PREFAȚA AUTORULUI LA EDIȚIA A 13-a

Cartea de față este o culegere de sine stătătoare și nu o continuare directă a primei cărți a Fizicii distractive. *Succesul primei cărți l-a determinat pe autor să prelucreze restul materialului de care dispunea și în felul acesta a luat naștere o alta, care îmbrățișează aceleași capitole de fizică.*

În lucrarea de față, ca și în prima, autorul s-a străduit atît să comunice cunoștințe noi, cît și să dea la iveală și să împrospăteze cunoștințele elementare de fizică pe care cititorul desigur că le are. Scopul cărții este de a trezi imaginația științifică, de a-l învăța pe cititor să gîndească în spiritul fizicii și de a-i dezvolta deprinderea să-și aplice cunoștințele în toate împrejurările. De aceea în Fizica distractivă *se rezervă un loc secundar descrierii de experiențe spectaculoase; pe primul plan se află curiozități și probleme interesante, paradoxuri instructive, întrebări și comparații neașteptate din domeniul fenomenelor fizice etc. Urmărind acest material, autorul face apel la fenomenele din viața de toate zilele, din tehnică, din natură și din paginile romanelor științifico-fantastice.*

În linii mari culegerea de față se adresează cititorului cu nivel de cunoștințe mai înalt decît cel care era necesar pentru înțelegerea primei cărți a Fizicii distractive, *cu toate că această diferențiere este atît de mică, încît nu are nici o importanță succesiunea în care sînt citite cele două cărți.*

IA. I. PERELMAN



Capitolul 1

LEGILE FUNDAMENTALE ALE MECANICII

MODUL CEL MAI IEFTIN DE A CĂLĂTORI

Spiritualul scriitor francez din secolul al XVII-lea, Cyrano de Bergerac, în lucrarea sa satirică *Istoria comică a statelor din Lună* (1652), povestește, printre altele, despre un caz ciudat care i s-ar fi întîmplat chiar lui. Odată, făcînd niște experiențe de fizică, el s-a înălțat în aer într-un mod miraculos împreună cu eprubetele sale. Cînd, după cîteva ore, a reușit să coboare pe Pămînt, spre marea lui uimire a constatat că nu se mai afla în scumpa lui Franță și nici măcar în Europa, ci în America de Nord, în Canada. Scriitorul francez găsește însă pe deplin firesc zborul său neașteptat peste Oceanul Atlantic. El îl explică prin faptul că, în intervalul de timp în care călătorul fără voie s-a aflat sus în aer, planeta noastră și-a continuat mișcarea de rotație spre răsărit; iată de ce, în loc să coboare în Franța, el s-a pomenit în America.

S-ar părea că am putea avea la îndemînă un mijloc foarte ieftin și simplu de a călători. Este suficient să te înalți deasupra Pămîntului, să rămîi acolo chiar și numai cîteva minute, pentru ca apoi să cobori în alt loc, undeva mai spre apus. În loc de a întreprinde călătorii obositoare peste con-

ținente și oceane, am putea sta suspendați deasupra Pămîntu lui, așteptînd ca acesta să-i ofere singur călătorului locul d destinație.

Din păcate, o asemenea metodă minunată nu este altcev decît fantezie. În primul rînd, înălțîndu-ne în aer, nu pără

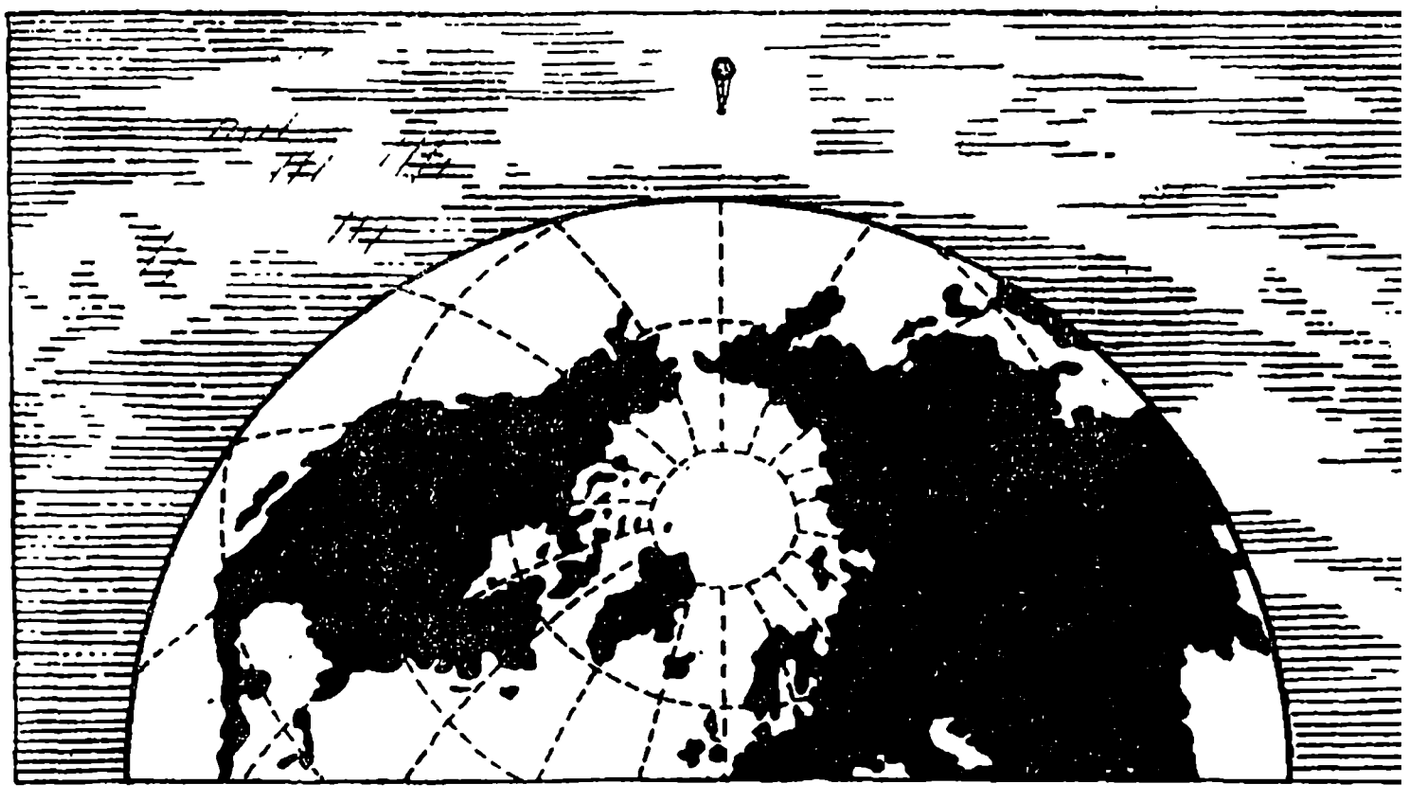


Fig. 1 — Se poate vedea oare din aerostat cum se rotește globul terestru (Scara desenului nu a fost respectată)

sim încă globul pămîntesc; rămînem legați în continuare d învelișul lui gazos, plutim în atmosfera lui, care participă ea la rotirea Pămîntului în jurul axei sale. Aerul (mai corec straturile lui inferioare mai dense) se rotește împreună cu Pă mîntul, antrenînd tot ce se află în el: nori, aeroplane, păsăi insecte etc. Dacă aerul n-ar participa la rotirea globulu terestru în jurul axei sale, atunci pe Pămînt am simți în pe manență un vînt atît de puternic, încît în comparație cu el cel mai îngrozitor uragan ni s-ar părea o briză ușoară[1]. Înt adevăr, nu are nici o importanță dacă stăm noi pe loc și aer care ne înconjură este în mișcare sau, dimpotrivă, aerul est imobil, iar noi ne deplasăm în el; în ambele cazuri, simțim un vînt la fel de puternic. Motociclistul care gonește cu vitez

[1] Viteza uraganului atinge 40 m pe secundă, adică 144 km pe or Globul terestru însă, de exemplu la latitudinea Leningradului, ne-a transporta prin aer cu o viteză de 230 m pe secundă, adică 828 km pe or

de 100 km pe oră simte un vînt puternic chiar dacă, de fapt, nu adie nici cea mai ușoară briză.

Dar aceasta nu este totul. În al doilea rînd, chiar dacă ne-am putea înălța în straturile superioare ale atmosferei sau chiar dacă Pămîntul nu ar fi înconjurat de loc de aer, nici atunci nu am reuși să recurgem la acel mijloc ieftin de călătorie pe care ni-l oferea fantezia scriitorului francez. Căci, desprinzîndu-ne de suprafața Pămîntului, care-și efectuează mișcarea de rotație, *continuăm să ne mișcăm datorită inerției cu aceeași viteză*, viteza cu care se deplasează sub noi Pămîntul. Și, atunci cînd am reuși să coborîm, ne-am afla în același loc din care ne-am desprins, tot așa cum, făcînd o săritură în sus, într-un vagon în mișcare, coborîm în același loc. Este drept că, sărind, ne vom mișca, datorită inerției, rectiliniu (după tangentă), iar Pămîntul de sub noi în arc de cerc, dar pentru intervale mici de timp acest lucru nu are nici o importanță.

„PĂMÎNTULE, OPREȘTE-TE!“

Cunoscutul scriitor englez H. Wells are o povestire fantastică despre minunile pe care le făcea un funcționar. Un tînăr nu tocmai isteț la minte a devenit, prin voia destinului, deținătorul unui har minunat: îndată ce-și exprima vreo dorință, aceasta îi era îndeplinită fără întîrziere. Dar, după cum s-a văzut pînă la urmă, o astfel de proprietate uimitoare nu a adus nici deținătorului său și nici altor oameni nimic în afară de neplăceri. Pentru noi este instructiv sfîrșitul acestei povestiri.

După un chef nocturn prelungit, funcționarul făcător de minuni, evitînd să se întoarcă acasă în zori de zi, a hotărît să-și folosească harul și să prelungească noaptea. Dar cum s-o facă? Să le ordone aștrilor să-și încetinească fuga. Tînărul nostru nu s-a încumetat dintr-o dată să săvîrșească ceva atît de neobișnuit și, cînd prietenul cu care era l-a sfătuit să oprească Luna, el, privind-o cu atenție, a răspuns îngîndurat:

„—E puțin cam sus.

— Nu-i nimic, se resemnă domnul Maydig[1]. Desigur, Luna nu se va opri. Oprește atunci rotația Pămîntului. Înțelegi? Și timpul se va opri. Nu facem nici un rău.

— Hm! se miră domnul Fotheringay[2]. Bine! Oftă. Voi încerca. Hai!

Își încheie toți nasturii jachetei și se adresă globului pămîntesc, cu tonul cel mai sigur de sine cu putință.

— Oprește-te rotație! M-ai înțeles?!

Îndată domnul Fotheringay începu să zboare, dîndu-se peste cap prin aer, cu o viteză de zeci de mile pe minut. În ciuda nenumăratelor rotații pe secundă pe care le efectua, gîndea totuși; căci gîndirea omenească este un lucru minunat, uneori curge tot atît de încet ca smoala, alteori are viteza luminii. Se gîndi o clipă, apoi porunci:

— Vreau să cobor teafăr, sănătos. Orice s-ar întîmpla, vreau să cobor teafăr, sănătos.

A poruncit la timp, căci hainele sale încălzite de zborul rapid prin aer tocmai începuseră să se pîrlească. Căzu pe pămînt cu o izbitură puternică, dar de loc vătămătoare, peste ceva care părea să fie o movilă de pămînt proaspăt răsturnat. O masă considerabilă de metal și zidărie, uimitor de asemănătoare cu turnul orologiului din scuarul pieței, se prăvăli lîngă el, ricoșă, îi trecu peste cap și se sfărîmă, împroșcînd în toate părțile pietre, cărămizi și zidărie, de parcă ar fi explodat o bombă. O vacă fu proiectată pe unul dintre blocurile mai mari și zdrobită ca un ou. Bubui un tunet față de care cele mai violente zgomote auzite vreodată îi păreau ca fîșîitul țărînei care cade. Tunetul fu urmat de un șir de trosnete din ce în ce mai slabe. Un vînt intens mugea pe Pămînt și în ceruri, încît de-abia putu să ridice capul și să privească. Un timp fu prea speriat și buimăcit pentru a putea măcar să-și dea seama unde era și ce se întîmplase. Prima sa mișcare fu să-și pipăie capul și să se asigure că părul său ciufulit îi mai aparținea încă.

— Doamne! gîfîi domnul Fotheringay de-abia putînd să vorbească din cauza furtunii. Am scăpat ca prin urechile acului. Ce o fi sărit din țîțîni? Cu o clipă înainte era o noapte senină și acum tunete și furtună! Maydig m-a îndemnat la

---

[1] Numele prietenului (*n. a.*).

[2] Funcționarul (*n.a.*).

una ca asta! Ce furtună! Trebuie să încetez cu prostiile, altfel mi se va întîmpla cu siguranţă un accident nemaipomenit!...

— Unde o fi Maydig? Ce talmeş-balmeş e peste tot!

Se uită în jur, atît cît îi permitea fîlfîitul jachetei. Aspectul lucrurilor era într-adevăr foarte neobişnuit.

— În orice caz cerul este normal, spuse domnul Fotheringay. Şi cam asta e tot ce este normal. Dar chiar şi acolo parcă se apropie o furtună înspăimîntătoare. Luna a rămas totuşi deasupra capului. Exact cum era adineauri. E lumină ca la amiază. În ceea ce priveşte însă restul... Unde o fi satul? Unde o fi... unde or fi toate? Şi de ce oare s-o fi dezlănţuit vijelia asta? Doar eu n-am ordonat să bată vîntul!

Domnul Fotheringay se lupta în zadar să se ridice în picioare, însă abia reuşi să stea în patru labe, ţinîndu-se bine. Cu cozile jachetei fîlfîindu-i deasupra capului, privi în direcţia opusă vîntului lumea luminată de Lună.

— S-a întîmplat ceva foarte serios, spuse domnul Fotheringay. Numai cerul ştie ce o fi.

Oriunde privea prin norul de praf care gonea în faţa uraganului, nu vedea nimic altceva în strălucirea orbitoare decît mase rostogolite de pămînt şi grămezi de ruini. Nu mai erau nici copaci, nici case, nici o formă bine cunoscută: era numai un haos pustiu care dispărea în cele din urmă în întuneric. Peste acest haos se înverşunau vîrtejurile şi volburile, fulgerele şi tunetele unei furtuni ce se înteţea cu rapiditate. Lîngă el, în lumina lividă, era ceva care putuse fi odată un ulm, o grămadă de aşchii, rămăşiţele trunchiului şi crengilor sfărîmate în bucăţi, iar mai departe din ruinele îngrămădite se ridica o masă de traverse de fier răsucite. Fără nici o îndoială, viaductul.

Înţelegeţi, cînd domnul Fotheringay oprise rotaţia globului pămîntesc nu prevăzuse ce se va întîmpla cu mărunţişurile care se află pe suprafaţa Pămîntului. Şi Pămîntul se roteşte atît de repede, încît un punct de pe suprafaţa sa la ecuator se mişcă cu o viteză de peste o mie de mile pe oră, iar la latitudinile noastre, cu o viteză mai mare decît jumătate din această viteză. Aşa că satul, domnul Maydig şi domnul Fotheringay şi tot restul fuseseră proiectaţi violent înainte cu aproape nouă mile pe secundă, adică cu o viteză mult mai mare decît dacă ar fi ţîşnit dintr-un tun. Şi fiecare fiinţă omenească, fiecare vieţuitoare, fiecare casă şi fiecare copac

— toată lumea așa cum o cunoaștem noi — fusese aruncată înainte cu aceeași viteză uriașă, zdrobită și complet distrusă. Asta era tot.

Desigur, domnul Fotheringay n-a înțeles pe deplin ce se întîmplă, dar și-a dat seama că miracolul său avusese urmări îngrozitoare și-l cuprinse o aversiune puternică față de miracole. Rămăsese acum în întuneric, căci norii acoperiseră cerul și Luna nu se mai vedea de loc. Prin văzduh grindina biciuită de vînt plăsmuia fantome care se zbăteau în chinuri. Mugetul puternic al vîntului și al apelor umplea pămîntul și cerul. Privind atent pe sub palmă în direcția vîntului prin praf și măzăriche, zări la lumina fulgerelor un perete enorm de apă năvălind spre el.

— Maydig, țipă domnul Fotheringay cu voce slabă în mijlocul acestei dezlănțuiri a elementelor naturii. Vino aici, Maydig!

...Oprește-te! strigă domnul Fotheringay către apa care înainta. Oh, pentru numele cerului, oprește-te!

...Numai o clipă! spuse domnul Fotheringay fulgerelor și tunetului. Opriți-vă numai o clipă, să-mi adun gîndurile... Și acum ce trebuie să fac? se întrebă el. Ce trebuie să fac? Doamne! De-ar fi Maydig lîngă mine.

...Am găsit! exclamă domnul Fotheringay. Și să dea Dumnezeu să iasă bine de data aceasta.

Rămase în patru labe, aplecîndu-se împotriva vîntului cît se poate de hotărît să repare totul.

— Așa! făcu el. Fie ca nimic din ceea ce voi porunci să nu se întîmple pînă cînd nu voi spune „gata"!... Dumnezeule! De m-aș fi gîndit la asta mai înainte!

Ridică vocea sa slabă împotriva vîrtejului de vînt, strigînd din ce în ce mai tare în dorința zadarnică de a se auzi vorbind.

— Ascultă! Așa! Atenție la ceea ce am spus chiar acum. În primul rînd, după ce se va îndeplini tot ce am spus, fie ca să-mi pierd puterea mea miraculoasă, fie ca voința mea să devină ca voința celorlalți și ca toate miracolele acestea primejdioase să înceteze. Nu-mi plac. Mai bine nu le-aș fi făptuit. Ajunge! Ăsta-i primul lucru. Și, al doilea, fie ca să fiu din nou exact cum eram înainte de începutul miracolelor..."[1].

---

[1] H. G. Wells, *Povestiri*, București, E.S.P.L.A., 1959, p. 101—105 (*n.t.*).

Imaginaţi-vă că vă aflaţi într-un avion care zboară repede deasupra Pămîntului. Dedesubt vedeţi locuri cunoscute. Veţi zbura îndată pe deasupra casei în care locuieşte prietenul dumneavoastră. „Ce bine ar fi să-i trimit salutări", vă trece repede prin minte. Scrieţi iute cîteva cuvinte pe o foaie desprinsă din blocnotes, legaţi bileţelul de un obiect greu, pe care în cele ce urmează îl vom numi *greutate* şi, în momentul cînd casa se află chiar sub dumneavoastră, aruncaţi greutatea.

Desigur, sînteţi convins că bileţelul va cădea chiar în grădina din faţa casei. Dar misiva dumneavoastră îşi greşeşte adresa, deşi casa şi grădina se aflau chiar sub avion.

Dacă i-aţi fi urmărit căderea din avion, aţi fi observat un fenomen curios: greutatea coboară, dar în acelaşi timp continuă *să rămînă sub avion*, lunecînd de parcă ar fi legată cu un fir invizibil de acesta. Cînd greutatea atinge pămîntul, ea se va afla într-un loc cu mult în faţa celui vizat.

Aici se manifestă aceeaşi lege a inerţiei care împiedică folosirea metodei ispititoare sugerate de Bergerac amatorilor de călătorii. Atîta timp cît obiectul s-a aflat în avion, el s-a mişcat împreună cu acesta. L-aţi lansat. Cînd însă s-a desprins de avion şi a început să cadă, obiectul nu şi-a pierdut viteza iniţială, ci continuă totodată şi mişcarea în direcţia anterioară căderii. Ambele mişcări, cea

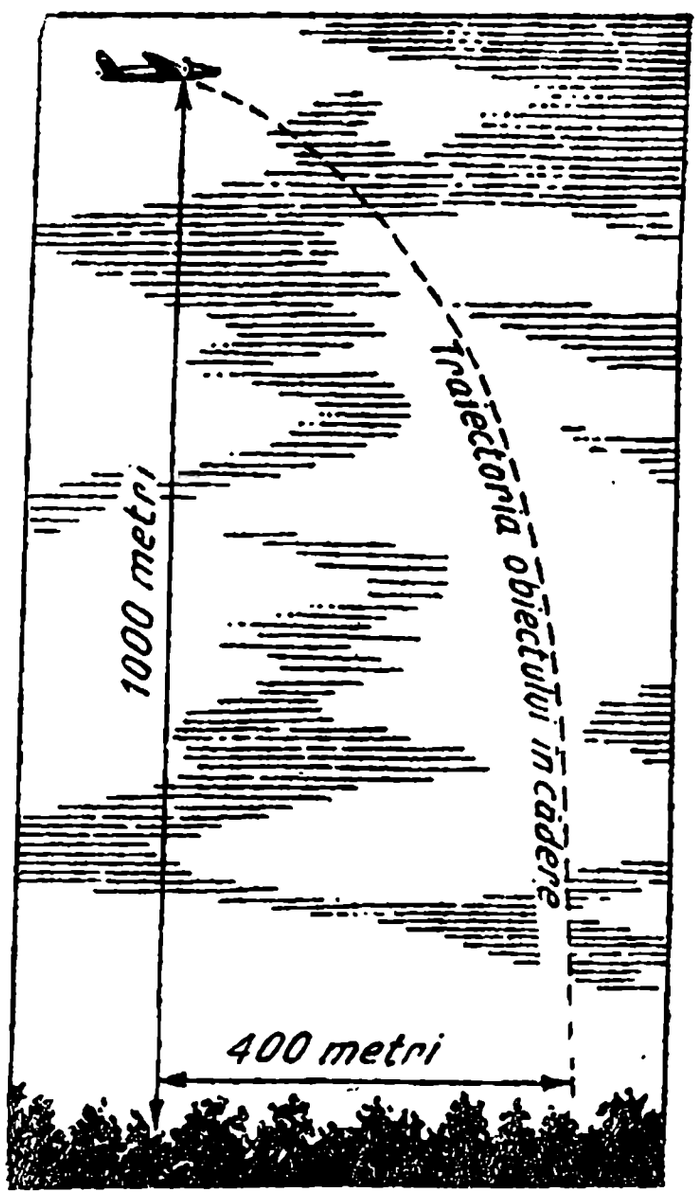


Fig. 2 — Un obiect lansat dintr-un avion în timpul zborului nu cade vertical, ci are traiectoria curbă.

verticală şi cea orizontală, se adună şi, în final, obiectul are o traiectorie de coborîre curbă, rămînînd tot timpul sub avion (desigur, dacă avionul nu-şi schimbă direcţia sau viteza de zbor). Obiectul nostru zboară de fapt ca un corp aruncat în direcţie orizontală, de exemplu ca un glonţ lansat dintr-o armă a cărei ţeavă a avut direcţia orizontală: glonţul descrie o curbă al cărei capăt se sprijină pe Pămînt.

De observat că toate cele spuse aici ar fi întru totul exacte dacă nu ar exista rezistenţa aerului. De fapt, această rezistenţă frînează atît mişcarea verticală, cît şi pe cea orizontală a obiectului; de aceea obiectul nu rămîne tot timpul chiar sub avion, ci puţin în urma acestuia.

Devierea de la linia verticală poate fi foarte mare dacă avionul zboară la mare înălţime şi cu o viteză mare. În zilele cînd nu este vînt, un obiect aruncat dintr-un avion care zboară la înălţimea de 1 000 m cu o viteză de 100 km pe oră va cădea cu 400 de metri în faţa locului aflat la piciorul verticalei coborîte din avion (fig.2) în momentul aruncării.

Calculul (dacă se neglijează rezistenţa aerului) este simplu. Din formula traiectoriei mişcării uniform accelerate

$$S = \frac{gt^2}{2} \quad \text{obţinem} \quad t = \sqrt{\frac{2S}{g}}.$$

Deci de la înălţimea de 1 000 m o piatră trebuie să cadă timp de $\sqrt{\frac{2 \times 1000}{9{,}8}}$, adică 14 secunde.

În acest timp ea reuşeşte să se deplaseze în direcţie orizontală cu

$$\frac{100\,000}{3\,600} \times 14 = 390 \text{ m}$$

LANSAREA BOMBELOR

După cele spuse mai sus devine clar ce greutate întîmpină în misiunea sa un aviator militar care a primit ordinul de a lansa bomba într-un anumit loc: el trebuie să ţină seama de

viteza avionului, de influența aerului asupra corpului în cădere și, în afară de aceasta, de viteza vîntului. În figura 3 sînt reprezentate schematic diferite traiectorii descrise de o bombă lansată în condiții diferite. Dacă nu este vînt, bomba urmează traiectoria *AF*: de ce se întîmplă astfel, am explicat mai înainte. Cînd vîntul are același sens ca și avionul, bomba este împinsă înainte și ea se deplasează pe traiectoria *AG*. Cînd vîntul are sens opus, intensitatea lui fiind moderată și aceeași atît sus, cît și jos, bomba descrie curba *AD*: dacă însă, cum se întîmplă adesea, vîntul are jos un sens opus celui de sus (sus el are sens opus sensului de zbor al avionului, iar jos același sens), atunci curba de cădere își modifică aspectul și bomba descrie traiectoria *AE*.

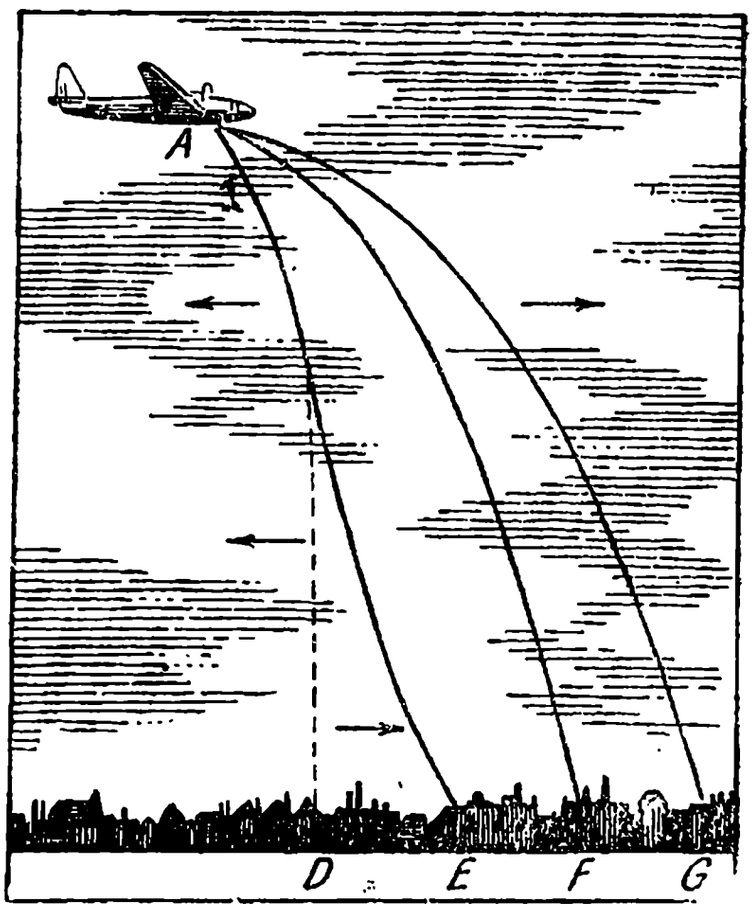


Fig. 3 — Traiectoria bombelor lansate din avion: AF — cînd nu este vînt; AG — cînd vîntul are același sens cu avionul; AD — cînd vîntul are sens opus; AE — cînd vîntul are sens opus sus și același sens de mișcare ca și avionul jos.

TRENUL FĂRĂ OPRIRE

Cînd vă aflați pe peronul imobil al gării și pe lîngă el trece un tren rapid, desigur că nu este un lucru simplu să săriți din mers într-un vagon. Dar imaginați-vă că și peronul pe care vă aflați se mișcă cu aceeași viteză și în aceeași direcție cu trenul. Oare va mai fi greu să intrați în vagon?

Bineînțeles că nu: veți intra tot atît de liniștit ca și cînd vagonul ar fi nemișcat. Cînd atît dumneavoastră, cît și tre-

nul vă deplasaţi în aceeaşi direcţie, cu viteze egale, *atunci trenul se află faţă de dumneavoastră în repaus total*. Este drept că roţile se învîrtesc, dar vi se pare că ele se învîrtesc pe loc. Riguros vorbind, toate obiectele pe care le considerăm nemişcate în mod obişnuit, de exemplu un tren care staţionează în faţa gării, se mişcă împreună cu noi în jurul axei globului pămîntesc şi în jurul Soarelui; practic însă putem să nu ţinem seama de această mişcare, pentru că ea nu ne deranjează cu nimic.

Prin urmare, este pe deplin imaginabil să considerăm că un tren, trecînd prin dreptul gărilor, debarcă şi ia pasageri din mers, fără a încetini măcar.

Dispozitive de acest gen se folosesc uneori la expoziţii pentru a-i permite publicului să vizioneze rapid şi comod exponatele împrăştiate pe o suprafaţă mare. Punctele terminus ale terenului pe care este organizată expoziţia sînt legate între ele printr-o cale ferată care are înfăţişarea unei benzi fără sfîrşit; pasagerii pot intra în vagoane în orice loc şi în orice moment şi le pot părăsi din mers.

Această construcţie interesantă este reprezentată în figurile alăturate. În figura 4, cu literele *A* şi *B* au fost notate staţiile terminus. Fiecare staţie este prevăzută cu o platformă circulară fixă, înconjurată de un peron mare inelar, aflat în mişcare de rotaţie. În jurul peroanelor mobile din fiecare staţie este petrecut un cablu de care sînt fixate vagoanele. Urmăriţi acum ce se petrece atunci cînd peronul inelar se roteşte. Vagoanele gonesc în jurul peroanelor cu aceeaşi viteză cu care se rotesc şi marginile exterioare ale acestora; prin urmare, pasagerii pot trece fără cel mai mic pericol de pe peroane în vagoane sau invers. Ieşind din vagon, pasagerul păşeşte pe peronul rotitor spre centrul cercului, pînă cînd ajunge la platforma imobilă; trecerea de pe peronul mobil pe cel imobil nu prezintă nici o greutate, pentru că aici raza cercului fiind mică,

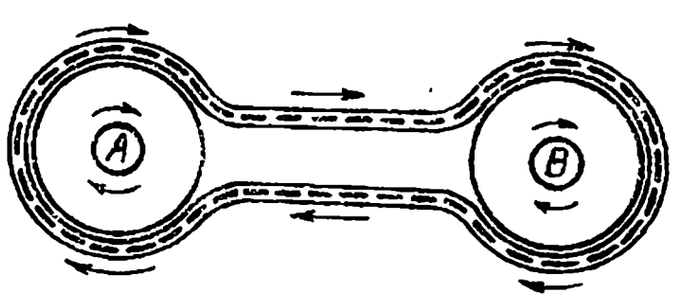


Fig 4 — Schema trenului fără oprire între staţiile *A* şi *B*. Gara este reprezentată în figura următoare.

este foarte mică și viteza circulară.[1] Ajungînd la platforma fixă din centru, pasagerul mai are doar de trecut podul pentru a păși pe pămînt în afara căii ferate (fig. 5).

Lipsa unor opriri dese dă un mare cîștig de timp și reduce consumul de energie. La tramvaiele urbane, de exemplu, ma-

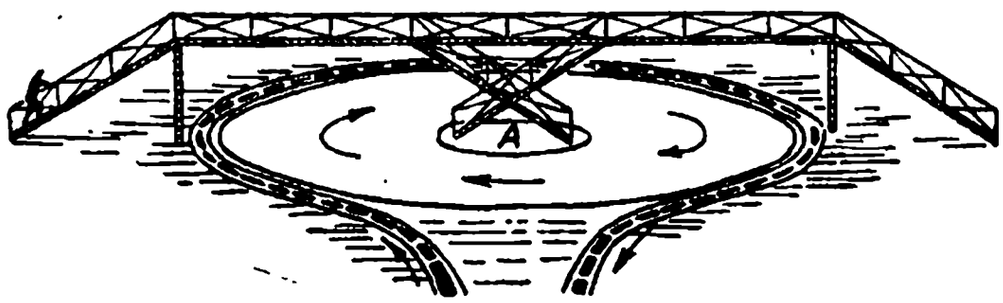


Fig. 5 — Gara trenului fără oprire.

joritatea timpului și aproape două treimi din întreaga energie sînt consumate pentru accelerarea treptată a mișcării după pornire și încetinirea ei înainte de oprire[2].

În cazul gărilor de cale ferată s-ar putea chiar renunța la peroanele mobile speciale pentru coborîrea și urcarea pasagerilor din mers. Imaginați-vă că prin fața unei gări obișnuite imobile trece în goană un tren rapid; am vrea ca aici să urce, fără ca trenul să se oprească, un număr oarecare de pasageri. Ar fi suficient ca acești pasageri să ocupe mai întîi locuri într-un alt tren, garat pe o linie paralelă de rezervă și care se pune în mișcare, dezvoltînd aceeași viteză ca și trenul rapid. Cînd ambele trenuri vor fi alături ele vor fi imobile *unul în raport cu celălalt*; ar fi suficient să se arunce niște podețe care să unească vagoanele respective ale celor două trenuri pentru ca pasagerii din trenul auxiliar să poată trece liniștit în trenul rapid. După cum vedeți, opririle în gări ar deveni inutile.

---

[1] Este ușor de înțeles că punctele marginii interioare se mișcă mult mai încet decît punctele marginii exterioare, pentru că în același interval de timp ele descriu un cerc mult mai mic.

[2] Pierderea de energie la frînare poate fi evitată dacă electromotoarele vagonului se cuplează astfel încît să funcționeze ca niște dinamuri, întorcînd curentul în rețea. La Charlottenburg (una dintre suburbiile Berlinului), datorită acestei metode, s-a reușit să se reducă consumul de energie pentru circulația tramvaielor cu 30%. Această metodă a fost folosită și pe traseul electrificat Moscova-Vladivostok *(n. red. sov.)*.

Pe principiul relativității mișcării se bazează și un alt dispozitiv, care pînă în prezent a fost folosit numai la expoziții: așa-numitele *trotuare rulante*. Ele au fost realizate pentru prima dată la expoziția din Chicago în 1893, apoi la Expoziția mondială de la Paris din 1900.

Iată schema unei astfel de construcții (fig.6). Vedeți aici cinci benzi de trotuare închise care sînt puse în mișcare cu ajutorul unui mecanism special și care se deplasează cu viteze diferite. Banda exterioară se deplasează relativ încet, doar cu 5 km pe oră; aceasta este viteza cu care merge un pieton obișnuit și nu este de loc greu să pășești pe un trotuar care se mișcă atît de încet. Alături, mai spre interior, se mișcă cea de-a doua bandă cu o viteză de 10 km pe oră. Să pășim pe ea direct de pe un trotuar imobil ar fi fost destul de periculos, dar trecerea de pe prima bandă rulantă se face cu ușurință. Într-adevăr, în raport cu prima bandă care se deplasează cu 5 km pe oră, banda a doua, a cărei viteză este de 10 km pe oră, face doar 5 km pe oră; deci trecerea de pe prima bandă

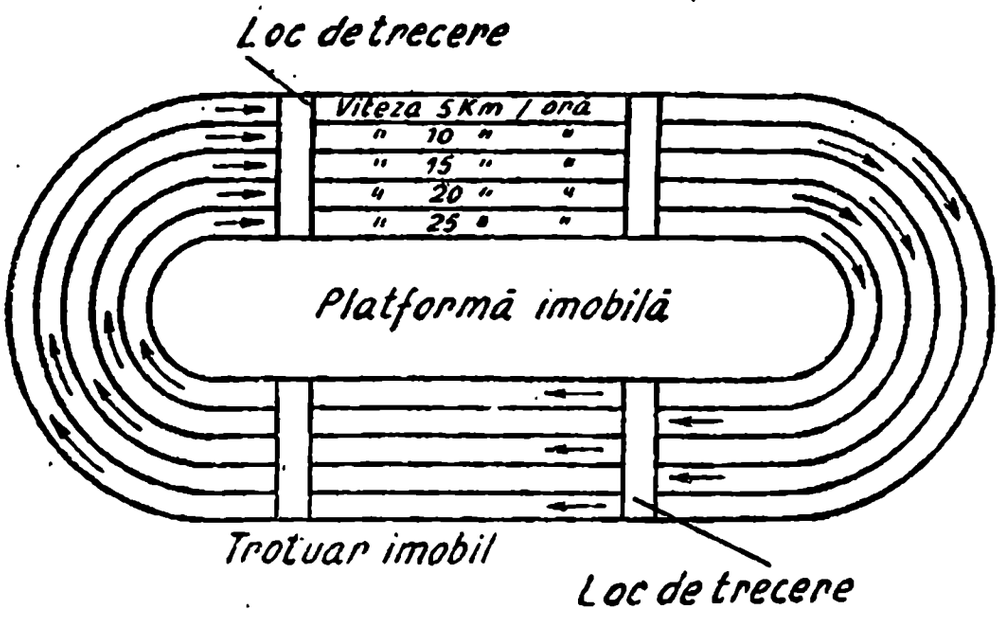


Fig. 6 — Trotuarele rulante

pe a doua este tot atît de ușoară ca și pășirea de pe pămînt pe prima bandă. Banda a treia se deplasează cu 15 km pe oră, dar nu este de loc greu să treci pe ea de pe banda a doua. Tot atît de ușoară este trecerea de pe banda a treia pe cea urmă-

toare, a patra, care se deplasează cu viteza de 20 km pe oră și, de aici pe cea de-a cincea, a cărei viteză de deplasare este de 25 km pe oră. Această bandă îl transportă pe pasager pînă la punctul de destinație; aici, trecînd iarăși succesiv de pe o bandă pe alta, el coboară pe pămînt.

O LEGE DIFICILĂ

Probabil că nici una din cele trei legi fundamentale ale mecanicii nu produce atîta nedumerire ca *cea de-a treia lege a lui Newton, legea acțiunii și a reacțiunii*. O cunosc toți, mulți știu chiar să o aplice just în anumite ocazii și totuși sînt puțini care o înțeleg perfect clar. Poate că cititorul a avut norocul să înțeleagă de îndată; eu însă trebuie să recunosc că am priceput-o bine numai după vreo 10 ani de la prima cunoștință.

Discutînd cu diferite persoane, m-am convins de multe ori de faptul că cei mai mulți sînt dispuși să accepte justețea acestei legi, dar cu unele amendamente esențiale. Ele admit cu ușurință că legea este valabilă pentru corpurile imobile, dar nu înțeleg cum poate fi aplicată ea unor corpuri aflate în mișcare unul față de celălalt... Acțiunea, spune legea, este totdeauna egală și de sens opus cu reacțiunea. Aceasta înseamnă că, dacă un cal trage o căruță, aceasta, la rîndul ei, trage calul cu aceeași forță. Dar atunci căruța ar trebui să rămînă pe loc: totuși ea se deplasează. De ce nu se echilibrează reciproc aceste două forțe dacă sînt egale?

Asemenea nedumeriri se nasc de obicei atunci cînd este vorba de această lege. Înseamnă oare că nu este valabilă? Bineînțeles că legea este valabilă, doar că nu o înțelegem cum trebuie. Forțele nu se echilibrează reciproc doar pentru faptul că sînt aplicate unor corpuri diferite: una la căruță, iar cealaltă la cal. Aceste forțe sînt egale, dar oare forțe egale produc totdeauna acțiuni egale? Oare forțele egale comunică tuturor corpurilor accelerații egale? Oare acțiunea unei forțe asupra unui corp nu depinde și de corpul respectiv, de mărimea acelei „rezistențe" pe care o opune el forței?

Dacă ne gîndim la acestea, înțelegem de ce calul reușește să tragă după sine căruța, deși căruța trage înapoi cu aceeași

forță. Forța care acționează asupra căruței și forța care acționează asupra calului sînt în fiecare moment egale; dar întrucît căruța se deplasează liber pe roți, iar calul se sprijină pe pămînt, se înțelege de ce căruța se deplasează în direcția calului. Mai gîndiți-vă și, că, dacă căruța nu ar opune rezistență forței motoare a calului, atunci... ne-am putea lipsi și de cal: cea mai mică forță ar putea urni din loc căruța. De acea este nevoie de cal, pentru a învinge forța de reacțiune a căruței.

Toate acestea s-ar înțelege mai ușor și ar produce mai puțină nedumerire dacă legea a treia nu ar fi formulată în forma ei scurtă, obișnuită (acțiunea este egală cu reacțiunea), ci, de exemplu, astfel: *forța reacțiunii este egală cu forța acțiunii*. Doar egale sînt numai *forțele*, acțiunile însă (dacă se înțelege, după cum se obișnuiește, că *acțiunea forței* este deplasarea corpului) sînt de obicei diferite, pentru că forțele respective sînt aplicate unor corpuri *diferite*.

Tot astfel, cînd ghețurile polare au cuprins nava „*Celiuskin*", pereții ei apăsau asupra gheții cu o forță egală. Catastrofa s-a produs deoarece gheața compactă a rezistat la o astfel de apăsare fără a fi distrusă; corpul navei însă, deși era construit din oțel, a cedat în fața acestei forțe, a fost turtit și apoi strivit. Mai departe, într-un paragraf special, vom vedea care au fost cauzele fizice ale pieirii navei „*Celiuskin*".

Și căderea corpurilor se supune legii acțiunii și reacțiunii, deși aceste două forțe nu se observă imediat. Mărul cade pe Pămînt pentru că este atras de globul terestru; dar *mărul atrage și el cu o forță egală planeta noastră*. Strict vorbind, atît mărul, cît și Pămîntul cad unul spre celălalt, dar viteza de cădere a mărului diferă de cea a Pămîntului. Forțele egale de atracție reciprocă îi comunică mărului o accelerație de 10 m/s^2, iar globului pămîntesc una de tot atîtea ori mai mică de cîte ori masa Pămîntului este mai mare decît masa mărului. Desigur că masa globului terestru este enormă în comparație cu cea a mărului; de aceea Pămîntul capătă o deplasare atît de mică, încît practic ea poate fi considerată egală cu zero. De aceea spunem că mărul cade pe Pămînt în loc să spunem că mărul și Pămîntul cad unul pe celălalt[1].

---

[1] Despre legea acțiunii și reacțiunii vezi și cartea *Mecanica distractivă* (cap. 1), de același autor.

DE CE-A PIERIT SVEATOGOR VOINICUL

Cunoaşteţi povestea populară rusă despre Sveatogor voinicul, care şi-a pus în gînd să ridice Pămîntul? Dacă ar fi să credem legendei, Arhimede era gata şi el să săvîrşească o astfel de faptă voinicească şi cerea un punct de sprijin pentru pîrghia sa. Dar Sveatogor era puternic şi fără pîrghie. El căuta doar de ce să se apuce cu mîinile lui de voinic. „Dacă aş avea de ce să mă ţin, întregul Pămînt l-aş ridica". Întîmplarea l-a ajutat. Voinicul a găsit o traistă, care nu numai că nu putea fi ridicată de pe pămînt, dar nici măcar urnită din loc. Coborînd de pe cal, voinicul Sveatogor a apucat cu ambele mîini traista, a ridicat-o mai sus de genunchi, dar s-a afundat pînă la genunchi în pămînt; acolo unde s-a afundat, acolo a şi rămas cu faţa scăldată în sînge; acolo şi-a şi găsit sfîrşitul.

Dacă Sveatogor ar fi cunoscut legea acţiunii şi reacţiunii, el şi-ar fi dat seama că forţa-i voinicească exercitată asupra Pămîntului va produce o forţă de reacţiune egală şi, prin urmare, tot atît de uriaşă, care-l poate atrage în pămînt.

În orice caz, din poveste se vede că spiritul de observaţie al poporului a înregistrat încă de mult existenţa unei forţe de reacţiune pe care o opune Pămîntul atunci cînd ne sprijinim pe el. Oamenii foloseau în mod inconştient legea acţiunii şi reacţiunii încă cu mii de ani înainte ca Newton s-o enunţe în cartea sa nemuritoare *Principiile matematice ale filozofiei naturale*.

NE PUTEM MIŞCA FĂRĂ SPRIJIN?

Cînd mergem, ne împingem în sus cu picioarele de pămînt sau de podea; pe o podea prea netedă sau pe gheaţă, de pe care piciorul nu-şi poate face vînt, nu putem merge. O locomotivă în mişcare se împinge înainte cu roţile sale *motoare* de şinele căii ferate; dacă însă şinele se ung cu ulei, atunci locomotiva rămîne pe loc. Uneori cînd este polei, pentru a

urni trenul din loc, trebuie chiar să se presare nisip pe șine în fața roților, folosind în acest scop un dispozitiv special. La începuturile existenței căilor ferate, cînd atît roțile, cît și șinele erau dințate, se pornea tocmai de la faptul că roțile trebuie să întîmpine o rezistență din partea șinelor. Nava se „sprijină" de apă cu ajutorul paletelor elicei sau a roții de bord. Avionul folosește în același scop elicea. Cu alte cuvinte, indiferent de mediul în care se mișcă obiectul respectiv, el se sprijină pe acest mediu în deplasarea sa. Dar se poate pune în mișcare un corp *fără a avea nici un fel de sprijin în exterior*?

S-ar părea că a încerca să realizezi o astfel de mișcare este ca și cum ai încerca să ridici propriul tău corp apucîndu-te de păr. După cum se știe, pînă în prezent o asemenea performanță i-a „reușit" doar baronului Münchhausen. Și, totuși, o astfel de mișcare, aparent imposibilă, are loc adesea chiar sub ochii noștri. Ce-i drept, corpul nu se poate pune în *întregime* în mișcare doar prin forțele sale interne, dar poate obliga o parte din substanța sa să se deplaseze într-un sens, restul deplasîndu-se în sens opus. V-ați pus vreodată întrebarea cum zboară o rachetă? Racheta este un exemplu de mișcare în sensul despre care am vorbit mai sus.

DE CE SE ÎNALȚĂ RACHETA?

Chiar printre oamenii care au studiat fizica sînt unii care explică într-un mod cu totul greșit zborul rachetei: ei spun că ea zboară pentru că, datorită gazelor care se formează prin arderea combustibilului său, se propulsează înainte, „sprijinindu-se" de aer. Așa se credea în vechime (rachetele sînt o invenție a antichității), iar mulți găsesc justă și astăzi această explicație. Dar dacă racheta este lansată în vid, ea zboară și acolo, și chiar mai repede decît în aer. Adevărata cauză a zborului rachetei este cu totul alta. Ea a fost expusă foarte clar și simplu de către inventatorul rus Kibalcici în nota sa cu privire la mașina de zbor pe care o inventase. Explicînd construcția rachetelor militare, el scria:

„Într-un cilindru de tablă închis la un capăt și deschis la celălalt, se introduce etanș un cilindru din praf de pușcă pre-

sat, care de-a lungul axei sale are un gol sub forma unui canal. Arderea pulberii începe de la suprafaţa acestui canal şi se extinde în decursul unui anumit interval de timp pînă la suprafaţa exterioară a pulberii presate; gazele formate prin ardere exercită presiune în toate direcţiile; dar presiunea laterală se echilibrează reciproc, în timp ce presiunea exercitată pe fundul de tinichea, nefiind echilibrată de o presiune de sens contrar (deoarece în această parte gazele ies liber), împinge racheta înainte, în direcţia în care a fost ea îndreptată înainte de aprinderea pulberii".

Aici lucrurile se petrec ca şi la tragerea cu tunul: proiectilul zboară înainte, în timp ce tunul face o mişcare de recul. Amintiţi-vă de reculul puştii şi, în general, al oricărei arme de foc. Dacă arma ar sta suspendată în aer, fără să se sprijine pe ceva, ea s-ar mişca înapoi după împuşcătură cu o viteză oarecare, care ar fi tot de atîtea ori mai mică decît viteza proiectilului de cîte ori este mai uşor proiectilul decît arma. Într-un roman ştiinţifico-fantastic al lui Jules Verne se propunea chiar să se folosească forţa reculului unui tun uriaş pentru îndeplinirea unei idei grandioase: îndreptarea axei Pămîntului.

Racheta, este, de fapt, acelaşi tun, doar că nu lansează proiectile, ci gaze rezultate în urma arderii combustibilului. Din aceeaşi cauză se învîrteşte şi aşa-numita *roată chinezească*, pe care aţi admirat-o, probabil şi dumneavoastră, urmărind focurile de artificii: arzînd pulberea din cartuşele fixate de roată, gazele se scurg într-o parte, iar cartuşele (şi, o dată cu ele, roata) capătă o mişcare inversă. Aceasta este, de altfel, doar o variantă a unui dispozitiv binecunoscut în fizică: roata lui Segner.

Este interesant de menţionat faptul că înainte de descoperirea vaporului exista un proiect de navă mecanică bazat pe acelaşi principiu: se preconiza ca rezerva de apă de pe vas să fie aruncată cu ajutorul unei pompe de presiune puternice instalate la pupă; în rezultat, nava trebuia să avanseze ca tinichelele plutitoare folosite în cabinetele de fizică pentru demonstrarea principiului menţionat mai sus. Acest proiect nu a fost realizat, dar a jucat un anumit rol în realizarea vaporului, pentru că a contribuit la naşterea acestei idei.

Ştim de asemenea că cea mai veche maşină cu aburi, inventată de Heron din Alexandria încă în secolul al II-lea

î.e.n., a fost construită după același principiu: aburul din cazan (fig.7) venea printr-o țeavă într-o sferă fixată pe un ax orizontal; scurgîndu-se apoi prin niște țevi îndoite, aburul împingea aceste țevi în sens opus și sfera începea să se învîrtească. Din păcate, această turbină cu aburi a lui Heron a rămas în antichitate doar o jucărie amuzantă, pentru că munca ieftină a sclavilor nu crea necesitatea de folosire practică a mașinilor. Principiul însă nu a fost neglijat de tehnică: în prezent el este folosit la construirea turbinelor cu reacție.

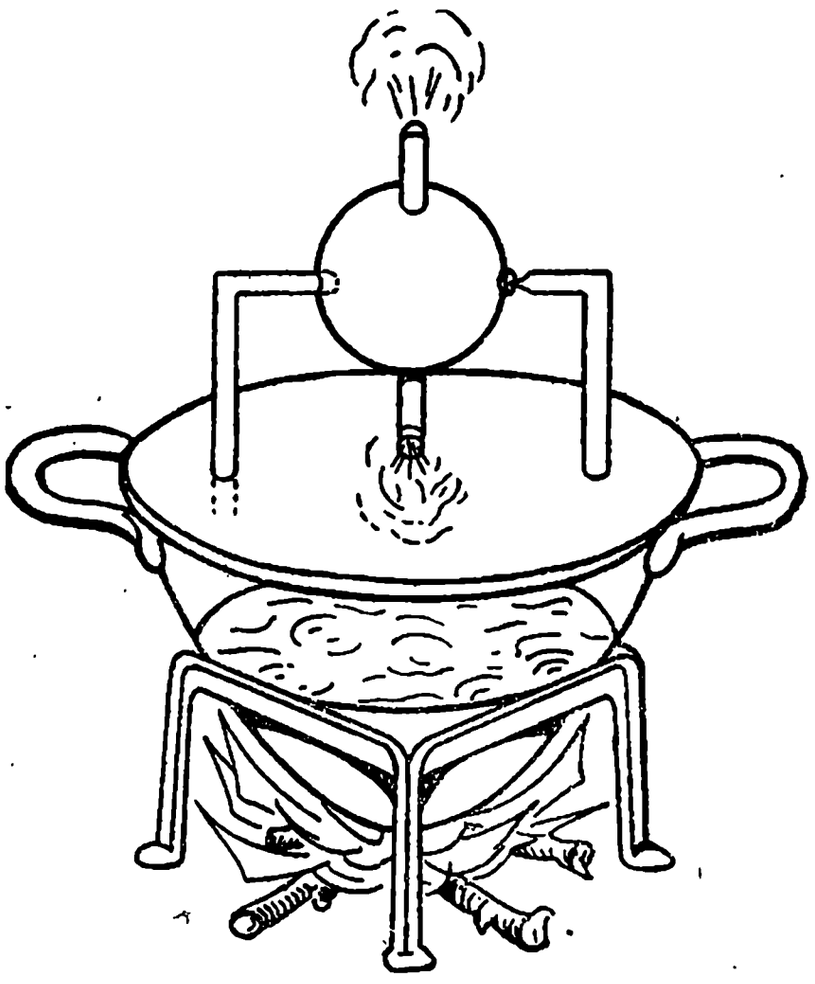


Fig. 7 — Mașina cu aburi (turbina) cea mai veche, atribuită lui Heron din Alexandria (sec. II î.e.n.)

Lui Newton, descoperitorul legii acțiunii și reacțiunii, i se atribuie unul dintre cele mai vechi proiecte ale automobilului cu abur, bazat pe același principiu: aburii din cazanul instalat pe roți iese într-un sens, iar cazanul, supus forței de recul, se deplasează în sens opus (fig. 8).

Automobilele-rachetă sînt o variantă a trăsurii lui Newton.

Pentru cei cu mîinile îndemînatice dăm aici desenul unui vaporaș de hîrtie, care seamănă cu trăsura lui Newton: în „cazanul" cu abur, format dintr-un ou golit și umplut cu apă, încălzit prin arderea unei bucățele de vată îmbibată în spirt și așezată într-un degetar, se formează aburi; ieșind prin orificiul din coaja oului, aburii forțează vaporașul să se deplaseze în sens opus. Dar pentru a construi această jucărie sînt necesare mîini foarte dibace.

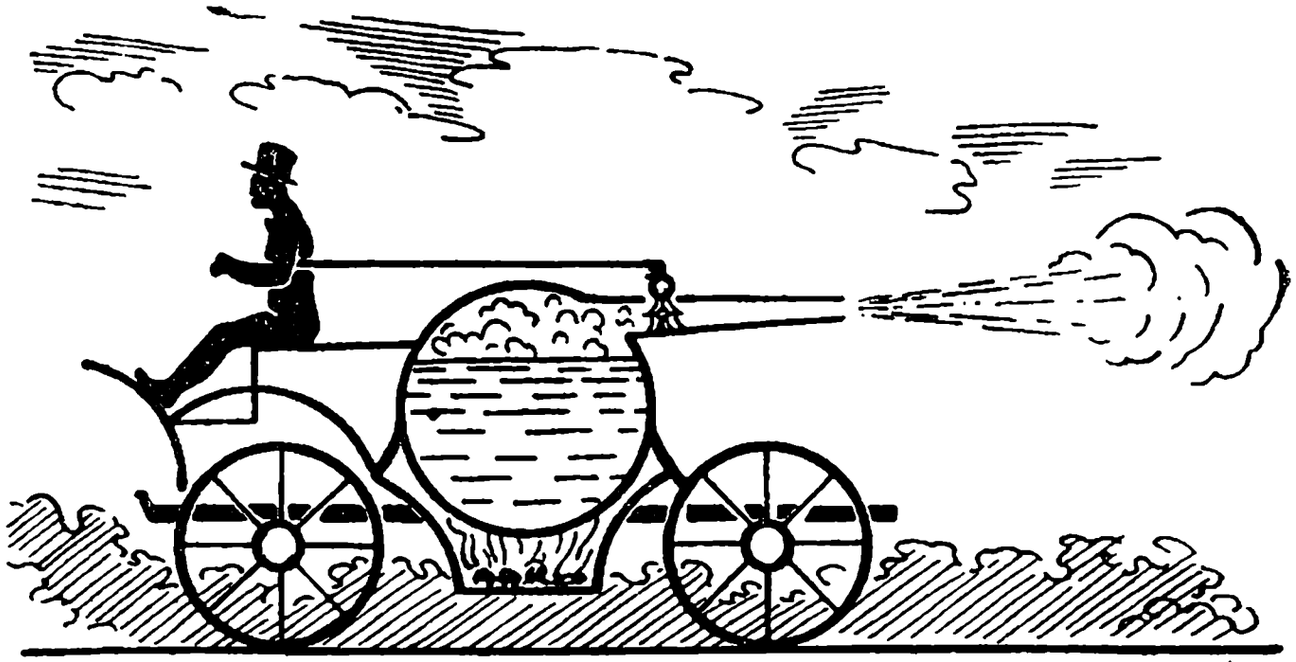


Fig. 8 — Automobilul cu aburi atribuit lui Newton.

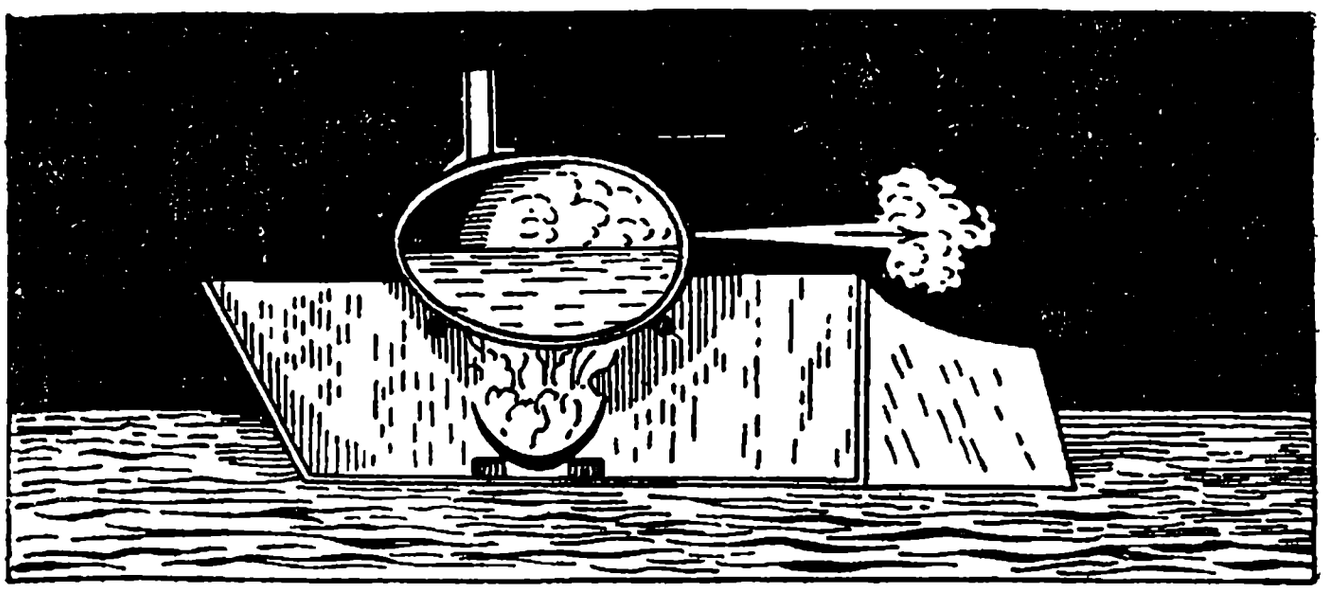


Fig. 9 — Vaporaş confecţionat din hîrtie şi coajă de ou. Drept combustibil serveşte spirtul turnat într-un degetar. Aburii care ies prin orificiul „cazanului cu aburi“ (oul golit) forţează vaporaşul să plutească în direcţie opusă.

CUM SE DEPLASEAZĂ CARACATIŢA

Vi se va părea curios dacă vă voi spune că sînt destul de multe vietăţi pentru care „ridicarea de păr a propriului corp“ este un mod obişnuit de deplasare în apă.

Caracatiţa şi, în general, majoritatea *moluscelor cephalopode* se deplasează în apă în felul următor: trag apă în cavitatea

bronhială printr-o fantă laterală și o pîlnie specială din fața corpului, iar apoi lansează cu energie un jet de apă prin pîlnia amintită mai sus; conform legii reacțiunii, corpul animalului capătă un impuls în sens contrar, impuls suficient

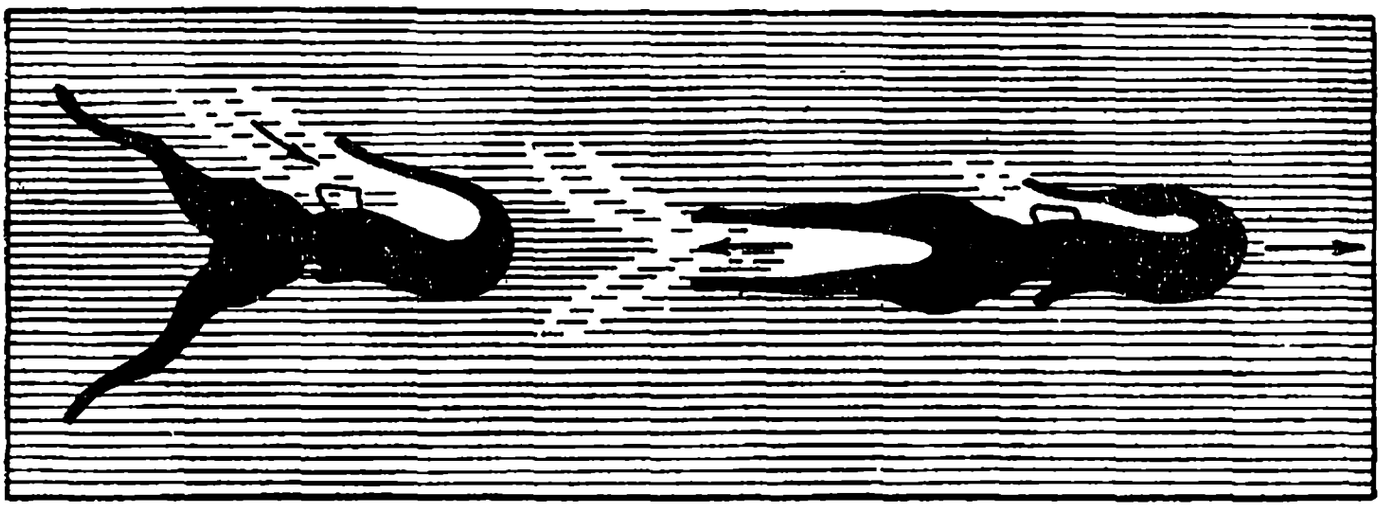


Fig. 10 — Mișcarea la înot a caracatiței

pentru a înainta destul de repede în direcția părții posterioare. De altfel caracatița poate îndrepta „pîlnia" menționată mai sus într-o parte sau chiar spre spate și, aruncînd cu energie apa, să se deplaseze în orice direcție.

Pe același principiu se bazează și deplasarea meduzei: prin contractarea mușchilor ea evacuează apa de sub corpul ei în formă de clopot, căpătînd un impuls de sens contrar. Și alte animale acvatice se folosesc de metode asemănătoare. Iar noi mai punem la îndoială posibilitatea deplasării prin astfel de metode!

CU RACHETA SPRE STELE

Ce poate fi mai ispititor decît să poți părăsi globul pămîntesc, să poți călători prin universul necuprins, să zbori de pe Pămînt spre Lună, de pe o planetă pe alta? Cîte romane de aventuri au fost scrise pe această temă! Cîți autori ne-au purtat pe aripile imaginației spre aștrii îndepărtați! Voltaire în *Micromégas*, Jules Verne în *O călătorie spre Lună* și *Hector Servadac*. Wells în *Primii oameni în Lună*. Ca și mulți alții,

ei au întreprins călătorii pasionante pe alte planete, desigur numai în imaginaţia lor.

Oare nu există nici o posibilitate de a realiza acest vis străvechi? Oare toate proiectele ingenioase, zugrăvite cu atîta imaginaţie plină de veridicitate în romane, sînt de fapt irealizabile?

În cele ce urmează vom mai vorbi despre proiectele fantastice de a întreprinde călătorii interplanetare. Acum însă să facem cunoştinţă cu proiectul real al unor asemenea zboruri, propus pentru prima dată de către K.E. Ţiolkovski.

Se poate ajunge în Lună cu avionul? Desigur că nu. Avioanele şi dirijabilele se mişcă numai pentru că „se sprijină" pe aer, iar între Pămînt şi Lună nu există aer. În spaţiul cosmic, în general, nu există un mediu suficient de dens pe care să se poată „sprijini" un „dirijabil interplanetar". Deci trebuie descoperit un aparat care să poată zbura şi să fie dirijat fără să se sprijine pe ceva.

Cunoaştem de-acum un astfel de proiectil: racheta. N-ar fi bine oare să se construiască o rachetă uriaşă, cu o cabină specială pentru oameni, alimente, baloane cu aer şi tot ce mai este necesar? Imaginaţi-vă că oamenii transportă în rachetă o cantitate mare de combustibil şi pot dirija scurgerea gazelor explozibile în orice direcţie. S-ar obţine astfel o adevărată navă cosmică, cu care se poate pluti prin oceanul interastral, se poate zbura în Lună, spre alte planete... Pasagerii

Fig. 11 — Proiectul unui dirijabil interplanetar realizat sub formă de rachetă

pot, dirijînd exploziile, să sporească treptat viteza acestui dirijabil interplanetar, în aşa fel încît creşterea vitezei să fie inofensivă pentru ei. Cînd ar vrea să debarce pe o planetă oarecare,

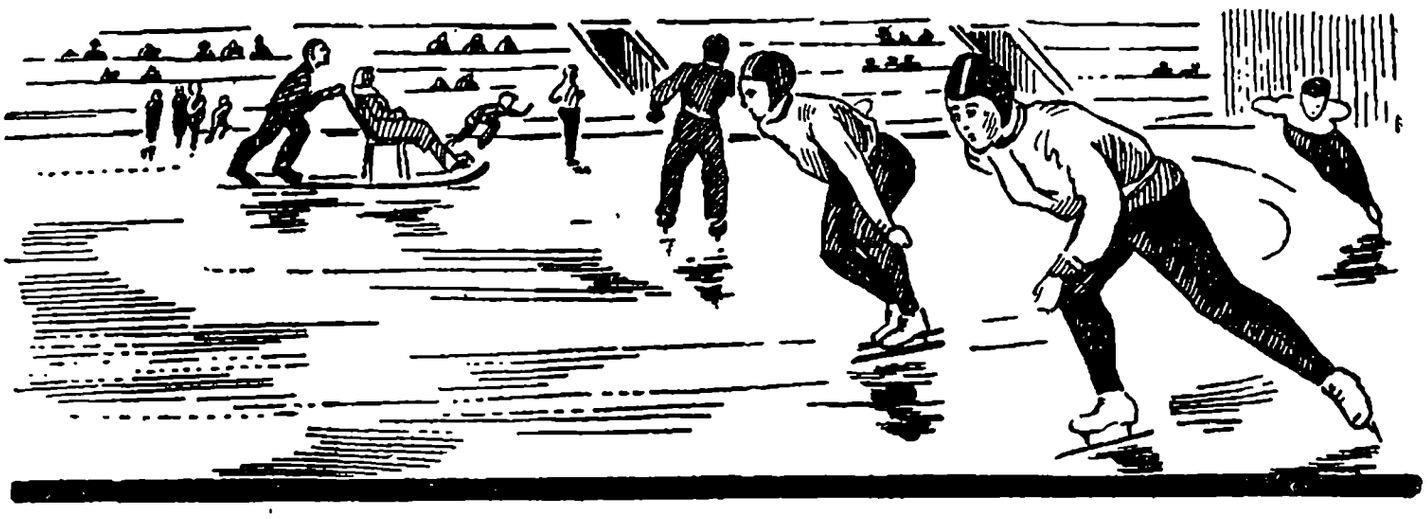
ei ar putea, dirijîndu-şi nava, să reducă treptat viteza proiectilului, încetinind astfel căderea. În sfîrşit, pasagerii s-ar putea înapoia, folosind acelaşi procedeu, pe Pămînt.

Ne amintim cît de puţină vreme a trecut de cînd aviaţia şi-a făcut primii paşi. Iar acum avioanele străbat văzduhul la înălţimi mari, trecînd peste munţi, deşerturi, continente, oceane.

Poate că şi *astronautica* va avea parte de o dezvoltare tot atît de rapidă şi bogată peste vreo două-trei decenii. Atunci omul va rupe lanţurile invizibile care-l leagă de atîta vreme de planeta natală şi se va avînta în spaţiul nesfîrşit al universului.[1]

---

[1] În prezent, zborurile cosmice nu mai sînt pentru nimeni o utopie, iar progresul în acest domeniu este din ce în ce mai rapid *(n. red. rom.)*.



Capitolul 2

FORŢA. LUCRUL MECANIC. FRECAREA

PROBLEMA DESPRE LEBĂDĂ, RAC ŞI ŞTIUCĂ

Fabula despre lebădă, rac şi ştiucă, care s-au înhămat la o căruţă, este binecunoscută. Dar nu prea cred că a încercat cineva să examineze această problemă din punct de vedere mecanic. Rezultatul obţinut nu concordă de loc cu concluziile fabulistului Krîlov.

Avem de rezolvat o problemă de mecanică, referitoare la compunerea mai multor forţe care acţionează după direcţii perpendiculare între ele.

În fabulă se arată astfel direcţia forţelor: lebăda se înalţa spre nori, racul face cale-ntoarsă, iar ştiuca ia drumul apei.

Prin urmare (fig. 12) o forţă, a lebedei, este îndreptată în sus; a doua, a ştiucii (*OB*), este laterală; cea de a treia, a racului (*OC*), trage căruţa înapoi. Să nu uităm că mai există şi a patra forţă, greutatea căruţei, care este dirijată în jos. În fabulă se afirmă că „şi astăzi căruţa mai este acolo", adică rezultanta celor patru forţe este egală cu zero.

Aşa să fie oare ? Să vedem. Lebăda, care caută să se înalţe, nu-şi opune eforturile celor ale ştiucii şi racului, ci chiar îi ajută pe aceştia: forţa lebedei, îndreptată în sens contrar for-

ţei de gravitaţie, reduce frecarea roţilor de pămînt şi de osii, micşorînd astfel greutatea căruţii şi, poate, echilibrînd-o chiar total — obiectele din căruţă erau uşoare (aşa se afirmă în fabulă). Admiţînd spre simplificare acest din urmă caz, rămîn

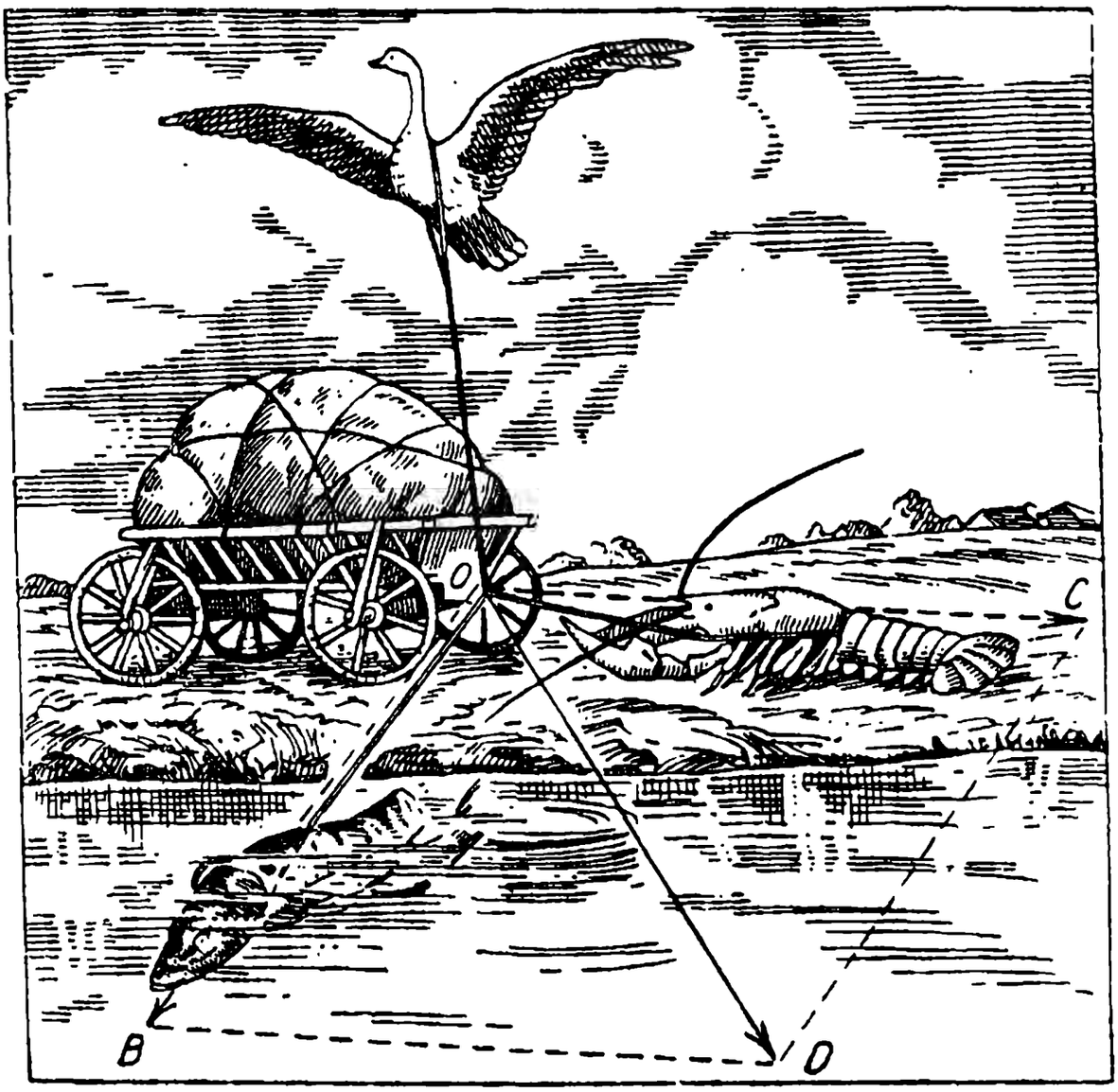


Fig. 12 — Problema lui Krîlov despre lebădă, rac şi ştiucă, rezolvată după regulile mecanicii. Rezultanta (*OD*) ar trebui să conducă căruţa spre rîu.

numai două forţe: cea a racului şi cea a ştiucii. Despre sensul acestor forţe se arată că „racul face cale-ntoarsă, iar ştiuca trage spre apă". Este de la sine înţeles că apa nu se află în faţa căruţei, ci undeva într-o parte (nu-i de crezut că personajele lui Krîlov depuneau atîta strădanie doar cu intenţia de a scufunda căruţa!).

Deci direcţia forţei racului formează un unghi oarecare cu direcţia forţei ştiucii. Dacă forţele aplicate nu se află pe aceeaşi treaptă, atunci rezultanta diferă de zero.

Procedînd după regulile mecanicii, construim cu ambele forţe *OB* şi *OC* un paralelogram; diagonala *OD* a acestuia dă direcţia şi mărimea rezultantei. Este clar că această forţă rezultantă trebuie să deplaseze din loc căruţa, cu atît mai mult cu cît greutatea ei este anulată total sau parţial de forţa lebedei. Dar se naşte o altă întrebare: încotro se va deplasa căruţa: înainte, înapoi sau într-o parte? Aceasta depinde de raportul de forţe şi de mărimea unghiului dintre ele.

Cititorii care au o practică oarecare la compunerea şi la descompunerea forţelor se vor descurca cu uşurinţă şi în acel caz cînd forţa lebedei nu echilibrează greutatea căruţei; ei se vor convinge de faptul că nici atunci căruţa nu poate rămîne nemişcată. Căruţa poate rămîne pe loc sub influenţa celor trei forţe numai dacă frecarea osiilor roţilor sau frecarea dintre roţi şi drum este mai mare decît forţa rezultantă aplicată. Dar acestea nu concordă cu afirmaţia că povara nu li se părea grea.

În orice caz, Krîlov nu putea susţine cu convingere imobilitatea căruţei, care nici azi nu s-a urnit din loc. De altfel aceasta nu schimbă cu nimic esenţa fabulei.

CONTRAR AFIRMAŢIILOR LUI KRÎLOV

Am văzut mai sus că regula de viaţă dată de Krîlov, care afirmă: „Cînd prietenii la treabă nu se înţeleg, amin! Isprava li-i deşartă şi munca lor un chin“[1], nu concordă totdeauna cu legile mecanicii. Forţele pot avea direcţii diferite şi, totuşi, prin compunerea lor să se obţină o forţă rezultantă.

Sînt puţini cei care ştiu că fiinţe aşa de harnice ca furnicile, pe care Krîlov le dădea drept exemplu de muncă străduitoare, muncesc exact după metoda ridiculizată de fabulist. Şi, trebuie să recunoaştem, muncesc cu spor. Tot legea compunerii forţelor vine în ajutorul străduinţelor lor. Urmărind cu atenţie furnicile în timpul activităţii, vă veţi convinge curînd de

[1] I. A. KRÎLOV, *Fabule*, Bucureşti, Edit. tineretului, 1961, p. 87 *(n.t.)*.

faptul că colaborarea lor raţională este doar aparentă; de fapt fiecare furnică munceşte independent, fără să caute să le ajute pe celelalte.

Iată cum descrie munca furnicilor un zoolog.

„Dacă o captură mare este cărată de zece furnici pe un teren neted, atunci toate acţionează identic şi se creează aparenţa unei colaborări. Dar deodată povara lor, de exemplu o omidă se agaţă de un obstacol oarecare, de un fir de iarbă sau de o pietricică. Peste obstacol nu se poate trece, el trebuie ocolit. Şi iată că devine evident faptul că fiecare furnică lucrează pe cont propriu, fără a ţine seama de tovarăşele sale, fără a-şi uni cu ele eforturile pentru învingerea obstacolului (fig. 13 şi 14). Una trage spre dreapta, alta spre stînga, una împinge înainte, iar alta trage înapoi. Trec dintr-un loc în altul, apucă omida de o altă parte a corpului şi fiecare trage şi împinge în legea lui. Cînd întîmplarea face ca forţele lor să se adune astfel încît omida să fie trasă într-o parte de patru furnici, iar în cealaltă de şase, atunci omida este tîrîtă în ultimă instanţă tocmai în direcţia celor şase furnici, învingînd forţa celorlalte patru ".

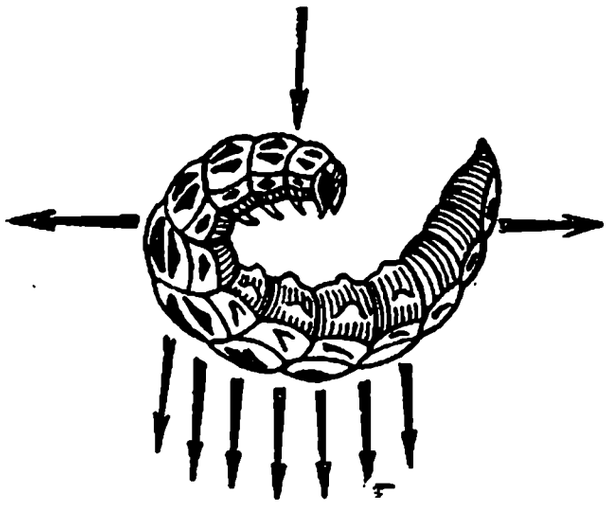


Fig. 13 — Cum trag furnicile o omidă.

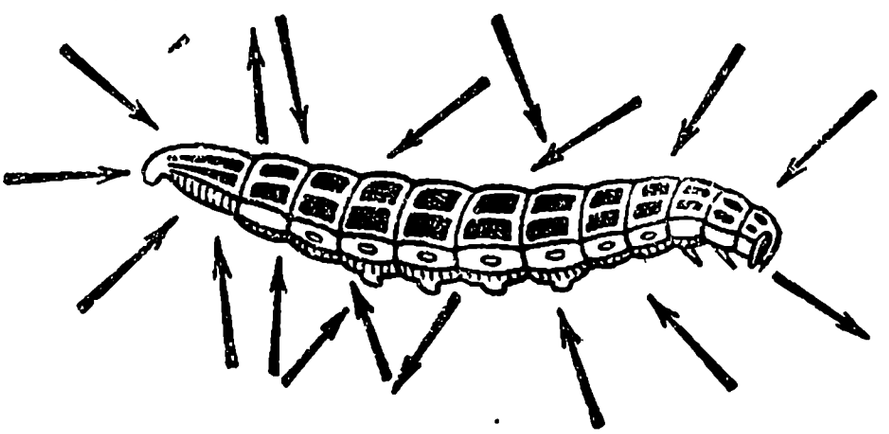


Fig. 14 — Cum îşi transportă prada furnicile. Săgeţile indică direcţiile aproximative ale eforturilor diferitelor furnici.

Dăm încă un exemplu interesant, care ilustrează şi mai bine această colaborare aparentă a furnicilor. În figura 15 este reprezentată o bucăţică triunghiulară de caşcaval trasă

de 25 de furnici. Bucata de caşcaval se deplasa încet în direcţia indicată prin săgeata *A* şi se putea crede că şirul din faţă al furnicilor trage povara, cel din spate o împinge, iar furnicile laterale le ajută atît pe unele, cît şi pe celelalte, Dar nu e greu să ne convingem de faptul că lucrurile stau altfel: separaţi cu cuţitul jumătatea din spate şi povara va fi cărată mult mai repede. Este clar că cele 11 furnici din spate o trăgeau înapoi în loc s-o împingă: fiecare dintre ele caută să întoarcă povara astfel încît s-o tîrască spre cuib, mergînd cu spatele înainte. Prin urmare, furnicile din spate nu numai că nu le ajutau pe cele din faţă, dar chiar le împiedicau cu multă sîrguinţă strădaniile, anulîndu-le eforturile. Pentru a transporta bucăţica de caşcaval erau suficiente eforturile a patru furnici şi numai datorită neconcordanţei dintre acţiunile lor povara era transportată de 25 de furnici.

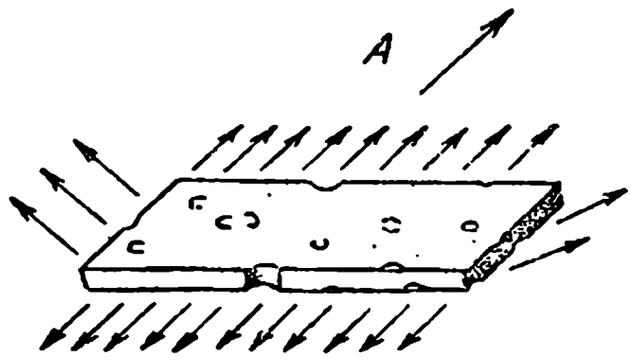


Fig. 15 — Cum caută furnicile să transporte o bucăţică de caşcaval spre furnicarul aşezat în direcţia săgeţii *A*.

Această particularitate a acţiunilor comune ale furnicilor a fost remarcată încă de mult de către Mark Twain. Vorbind despre întîlnirea a două furnici, dintre care una a găsit un picioruş de greier, el spune:

„Ele apucă piciorul de ambele capete şi trag din toate puterile în părţi opuse. Ambele văd că ceva nu este în ordine, dar nu pot înţelege ce anume. Încep discuţiile dintre ele, iar discuţiile degenerează în bătaie ... Se încheie armistiţiul şi iar începe munca în comun, complet lipsită de raţiune, iar tovarăşa rănită în bătaie constituie ea însăşi o piedică. Depunînd toate eforturile, tovarăşa sănătoasă cară povara şi, o dată cu ea, pe prietena rănită, care, în loc să cedeze prada, stă agăţată de ea". În glumă, Twain face observaţia foarte justă că „furnica munceşte bine numai atunci cînd este urmărită de un naturalist lipsit de experienţă, care trage concluzii greşite".

ESTE UŞOR DE SFĂRÎMAT COAJA UNUI OU?

Printre problemele filozofice care preocupă mintea isteaţă a înţeleptului Kif Mokievici din *Suflete moarte* era şi următoarea: „Dacă elefantul s-ar naşte din ou, atunci coaja acestuia ar fi, probabil, foarte groasă; nici cu tunul n-ai putea-o sparge; ar trebui inventată o nouă armă de foc".

Probabil că „filozoful"gogolian ar fi fost tare uimit dacă ar fi aflat că şi o coajă obişnuită de ou, cu toate că este atît de subţire, nu este prea fragilă. Nu-i chiar atît de uşor să spargi un ou între palme, apăsînd capetele (ca în figură); în aceste condiţii este nevoie de un efort destul de mare pentru a-i sfărîma coaja [1].

Rezistenţa atît de neobişnuită a coajei de ou depinde exclusiv de forma ei convexă şi se explică la fel ca rezistenţa a tot felul de cupole şi arcade.

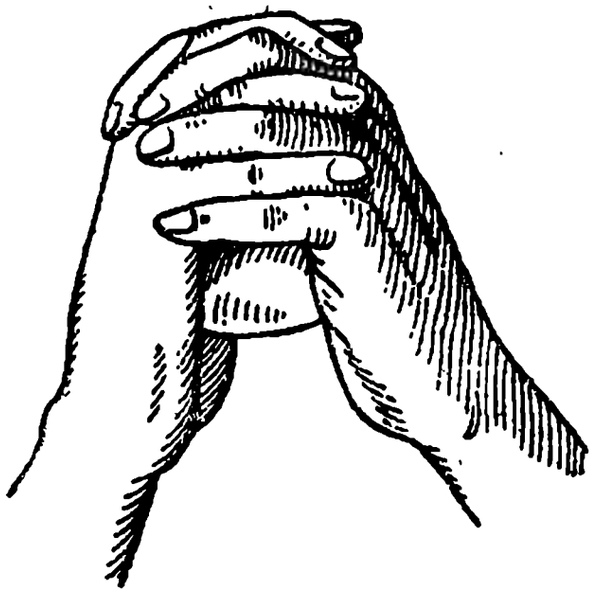


Fig. 16 — Pentru a sfărîma în felul acesta coaja de ou este nevoie de un efort destul de mare.

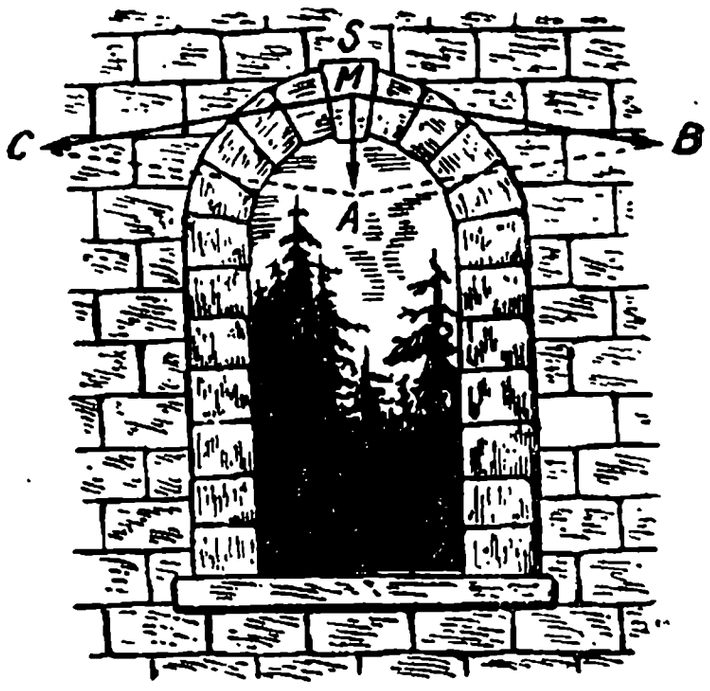


Fig. 17 — Cauzele rezistenţei arcadei.

În figura 17 este reprezentată o mică arcadă de piatră de deasupra unei ferestre. Greutatea *S* (adică a pietrelor de deasupra) apasă în jos asupra pietrei mijlocii în formă de pană

[1] Experienţa prezintă oarecare pericol de rănire şi necesită prudenţă: coaja se poate înfige în palmă.

cu forţa reprezentată în desen prin săgeata *A*. Dar această piatră nu se poate deplasa în jos din cauza formei ei speciale: ea presează doar pietrele vecine. Astfel, forţa *A* se descompune, conform legii paralelogramului, în două forţe, notate cu săgeţile *C* şi *B*; ele sînt echilibrate de rezistenţa pietrelor vecine, presate la rîndul lor între pietre alăturate. În felul acesta, forţa exercitată din afară asupra arcadei nu o poate dărîma. Arcada poate însă relativ uşor să fie distrusă dinăuntru. Este uşor de înţeles acest lucru, deoarece forma de pană a pietrelor, care le împiedică să c o b o a r e, nu le împiedică de loc să se r i d i c e.

Coaja de ou este şi ea un fel de arcadă, cu deosebirea că este compactă. Cînd presiunea se exercită din e x t e r i o r, ea nu se sfărîmă atît de uşor cum ar fi de aşteptat pentru un material atît de fragil. Putem aşeza o masă destul de grea cu picioarele pe patru ouă crude, fără ca ele să se spargă (pentru stabilitate, ouăle trebuie prevăzute la capete cu căpăcele de gips; gipsul aderă cu uşurinţă la coaja de ou).

Veţi înţelege acum de ce cloşca nu trebuie să se teamă că greutatea corpului ei va sfărîma ouăle. Şi, totodată, un puişor gingaş abia născut, dorind să iasă din închisoarea lui naturală, sparge cu uşurinţă pe dinăuntru coaja oului.

Spărgînd oul cu uşurinţă cu o lovitură de linguriţă aplicată lateral, nici nu bănuim măcar cît de rezistentă este coaja sa atunci cînd presiunea se exercită asupra lui în condiţii naturale şi ce cuirasă sigură a pregătit natura pentru gingaşa fiinţă care se dezvoltă sub protecţia ei.

Rezistenţa misterioasă a becurilor electrice, care par atît de fragile, se explică la fel ca şi cea a cojilor de ou.

Această rezistenţă ne pare şi mai uimitoare dacă ne amintim că multe dintre ele (cele cu vid şi nu cele umplute cu gaze) sînt aproape a b s o l u t g o a l e şi că din i n t e r i o r u l l o r nimic nu opune rezistenţă la presiunea aerului din exterior. Iar mărimea presiunii aerului exercitată asupra becului electric nu este mică; un bec cu diametrul transversal de 10 cm suferă la ambele capete o presiune echivalentă cu peste 75 kg (greutatea unui om). Experienţa arată că un bec electric cu vid poate rezista chiar şi la o presiune de două ori şi jumătate mai mare.

Ne imaginăm cu greu cum se pot deplasa navele cu pînze împotriva vîntului. Este drept că un marinar va spune că nava cu pînzele întinse nu poate merge direct împotriva vîntului, ci se poate deplasa doar după o direcţie care formează un unghi ascuţit cu cea a vîntului. Dar unghiul acesta este mic, doar aproximativ un sfert dintr-un unghi drept, şi pare la fel de neînţeles a pluti direct împotriva vîntului sau sub un unghi de 22° cu direcţia acestuia.

De fapt însă nu-i chiar de neînţeles şi vom explica imediat în ce fel forţa vîntului ne ajută să mergem împotriva lui sub un unghi mic. Să vedem la început cum acţionează în general vîntul asupra velei, adică încotro o împinge atunci cînd suflă asupra ei. Credeţi, probabil, că vîntul împinge vela întotdeauna în direcţia în care suflă? Vă înşelaţi: oricare ar fi direcţia din care suflă vîntul, el împinge vela perpendicular pe planul ei. Într-adevăr, să presupunem că vîntul suflă în direcţia săgeţilor din figura 18: linia AB reprezintă vela. Deoarece vîntul apasă uniform asupra întregii suprafeţe a velei, înlocuim presiunea vîntului cu forţa R aplicată la mijlocul velei. Descompunem această forţă în două: forţa Q, perpendiculară pe velă, şi forţa P, îndreptată de-a lungul ei (fig. 18, dreapta). Forţa P nu împinge vela de loc, deoarece frecarea vîntului de velă este neînsemnată. Rămîne forţa Q, care împinge vela în direcţia perpendiculară pe suprafaţa ei.

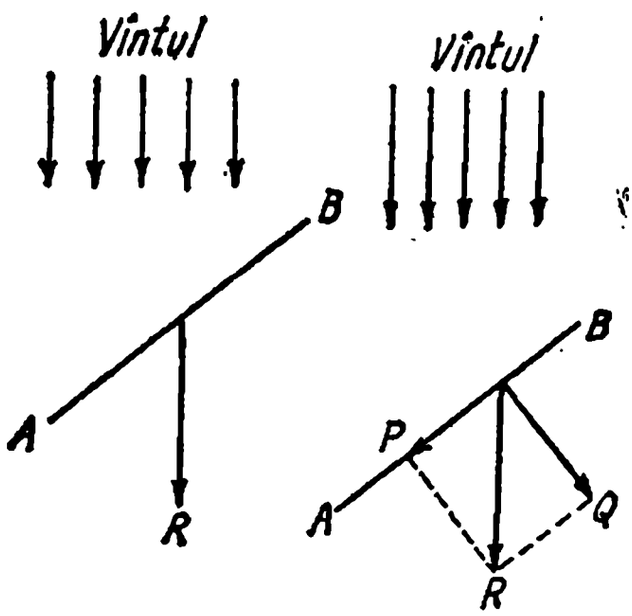


Fig. 18 — Vîntul împinge vela totdeauna sub un unghi drept cu planul ei.

Cunoscînd lucrul acesta, vom înţelege cu uşurinţă cum poate naviga nava cu pînze împotriva vîntului, drumul ei formînd cu direcţia vîntului un unghi ascuţit. Să presupunem că linia KK (fig. 19) reprezintă linia de chilă a navei. Vîntul bate, formînd un unghi ascuţit cu această linie în direcţia indicată de săgeţi. Linia AB reprezintă vela; ea este astfel

așezată, încît planul ei să împartă în două unghiul format de direcția *KK* cu cea a vîntului. Urmăriți în figura 19 descompunerea forțelor. Reprezentăm cu ajutorul forței *Q*, care, după cîte știm, trebuie să fie perpendiculară pe velă, presiunea vîntului asupra velei. Descompunem această

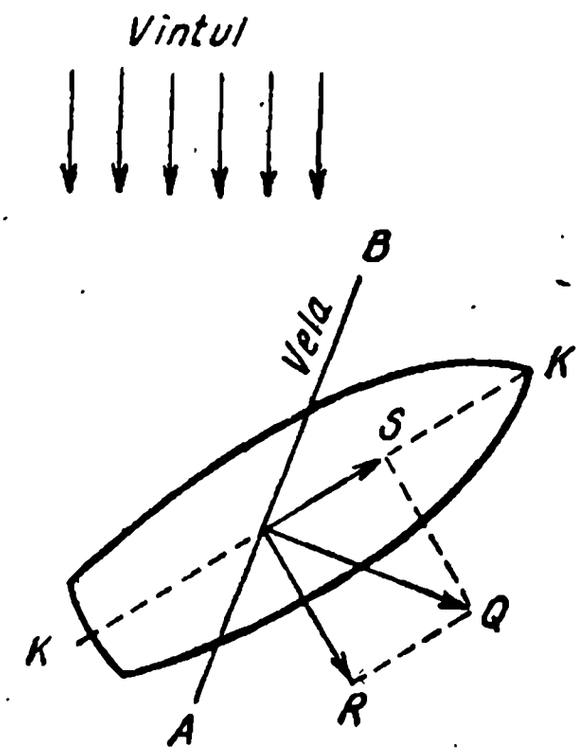


Fig. 19 — Cum se poate merge cu pînzele sus împotriva vîntului.

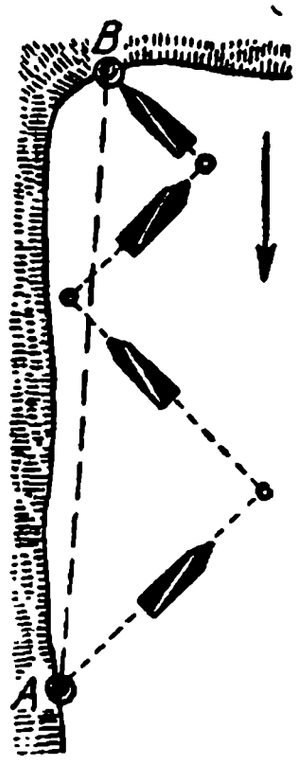


Fig. 20 — Drumul navei cu pînze.

forță în două: forța *R*, perpendiculară pe chilă, și forța *S*, îndreptată înainte de-a lungul liniei de chilă a navei. Deoarece mișcarea navei în direcția *R* întîmpină rezistența puternică a apei (la navele cu vele chila se face foarte adîncă), forța *R* este echilibrată aproape total de rezistența apei. Rămîne doar forța *S*, care, după cum vedeți, este dirijată înainte și, prin urmare, deplasează vasul, sub un unghi mic, aproape în întîmpinarea vîntului [1].

De obicei această mișcare se efectuează în zigzag, ca în figura 20. În limbajul mărinăresc, această mișcare a navei se numește *manevrare* în sensul strict al cuvîntului.

---

[1] Se poate demonstra că mărimea forței *S* este maximă atunci cînd planul velei împarte în două unghiul dintre direcția chilei și cea a vîntului.

„Daţi-mi un punct de sprijin şi voi ridica pîmîntul!“ iată exclamaţia pe care legenda i-o atribuie lui Arhimede, genialul mecanician al antichităţii, care a descoperit legile pîrghiei. Plutarh scrie: „Odată Arhimede i-a scris regelui

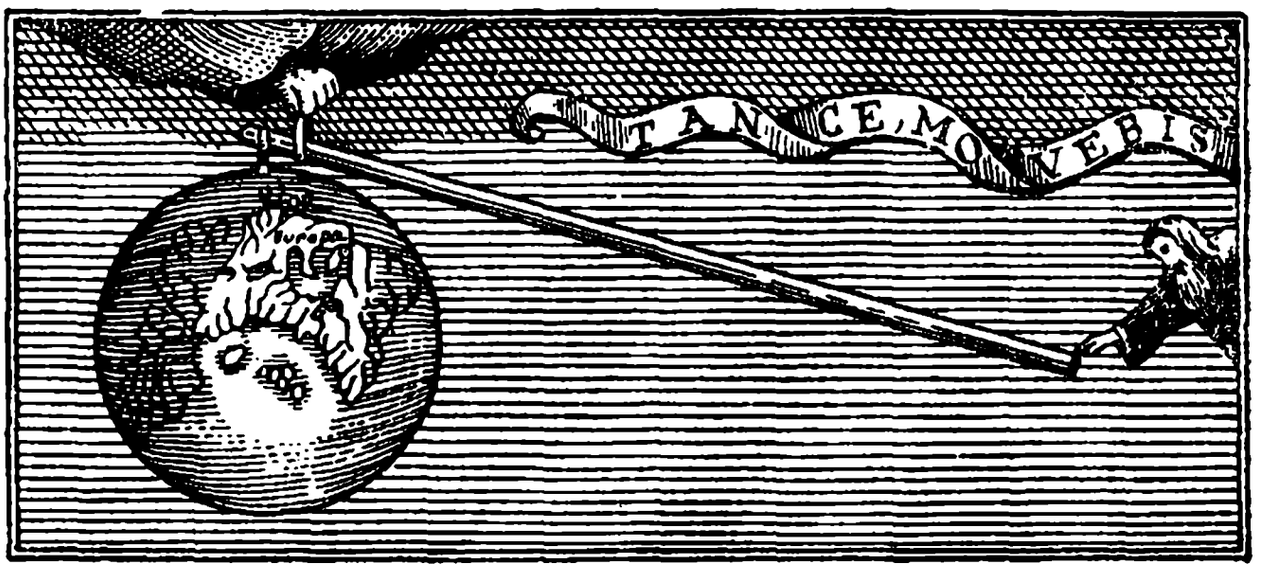


Fig. 21 — „Arhimede ridică pămîntul cu o pîrghie“. Gravură din cartea lui Varignon (1787) despre mecanică.

Hieron din Siracuza, a cărui rudă şi prieten era, că o forţă oarecare poate ridica orice greutate. Înflăcărat de demonstraţiile sale, el a adăugat că, dacă ar exista un alt Pămînt, atunci el, trecînd pe acesta din urmă, l-ar urni din loc pe al nostru“.

Arhimede ştia că nu există nici o greutate care să nu poată fi ridicată de o forţă mică, folosindu-se în acest scop o pîrghie; este suficient să aplicăm această forţă la braţul foarte lung al unei pîrghii, făcînd ca braţul scurt să acţioneze asupra greutăţii. De aceea el credea că, apăsînd pe braţul extrem de lung al unei pîrghii, poate fi ridicată doar prin forţa braţelor o greutate a cărei masă este egală cu masa globului pămîntesc [1].

Dar dacă marele mecanician al antichităţii ar fi ştiut cît de uriaşă este masa globului pămîntesc, el s-ar fi abţinut, probabil, de la exclamaţia sa hazardată. Să ne imaginăm o clipă că lui Arhimede i s-a dat acel „alt Pămînt“, acel punct

[1] Prin expresia *a ridica Pămîntul* vom subînţelege ridicarea pe *suprafaţa Pămîntului* a unei astfel de greutăţi a cărei masă este egală cu masa planetei noastre *(n. a.)*.

de sprijin pe care-l căuta; să ne imaginăm apoi că și-a confecționat o pîrghie cu lungimea necesară. Știți cît timp i-ar fi trebuit pentru a ridica fie chiar și cu un centimetru o greutate egală (ca masă) cu masa globului pămîntesc? C e l p u ț i n t r e i z e c i d e m i i d e b i l i o a n e d e a n i!

Da! Masa Pămîntului le este cunoscută astronomilor [1]; un corp cu o astfel de masă ar cîntări pe Pămînt cam

6 000 000 000 000 000 000 de tone.

Dacă omul poate ridica nemijlocit 60 kg, pentru a „ridica Pămîntul" ar trebui să acționeze cu forța mîinilor lui asupra brațului lung al unei pîrghii mai mare decît cel scurt de

1 000 000 000 000 000 000 000 de ori!

Un calcul simplu vă va arăta că pînă cînd capătul brațului scurt se va ridica cu 1 cm, capătul celălalt va descrie în univers un arc imens de

1 000 000 000 000 000 km.

Un drum atît de inimaginabil de lung ar fi trebuit să parcurgă mîna lui Arhimede, apăsată pe brațul pîrghiei, pentru „a ridica Pămîntul" doar cu un singur centimetru! Și cît timp ar trebui pentru aceasta? Dacă presupunem că Arhimede putea ridica o greutate de 60 kg la înălțimea de 1 m într-o secundă (capacitatea de lucru de aproape un cal-putere), chiar și atunci pentru „ridicarea Pămîntului" la înălțimea de 1 cm ar fi necesare

1 000 000 000 000 000 000

de secunde, sau treizeci de mii de bilioane de ani! Chiar dacă Arhimede și-ar fi petrecut întreaga-i viață îndelungată apăsînd pe pîrghie și tot n-ar fi reușit „să ridice Pămîntul" nici cu atît cît măsoară grosimea unui fir de păr...

Nici un fel de încercări ale genialului inventator nu i-ar fi dat posibilitatea să reducă cu mult acest timp. „Legea de aur a mecanicii" spune că pentru orice mașină cîștigul de forțe este inevitabil însoțit de o pierdere corespunzătoare în lungimea de deplasare, adică de pierdere în timp. Chiar dacă Arhimede și-ar fi exersat mîna pînă la o rapiditate extremă posibilă în natură, pînă la 300 000 km pe secundă (viteza luminii), nici atunci el nu ar fi reușit „să ridice Pămîntul" cu 1 cm decît peste *zece milioane* de ani muncă.

---

[1] Despre modul cum a fost determinată, vezi *Astronomia distractivă* de același autor.

VOINICUL LUI JULES VERNE ŞI FORMULA LUI EULER

Vă amintiţi de atletul Matifou din romanul lui Jules Verne? „Avea o înălţime de aproape şase picioare, capul mare, umerii foarte largi, pieptul ca foalele unui fierar, picioarele ca nişte trunchiuri de copaci de doisprezece ani, braţele ca nişte biele de maşină, mîinile ca nişte foarfeci mari de tăiat metale". Probabil că din faptele acestui voinic, descrise în romanul *Mathias Sandorf*, vă mai amintiţi de întîmplarea cu adevărat extraordinară cînd uriaşul nostru a reuşit să împiedice lunecarea în apă a navei „Trabacolo" [1].

Iată descrierea acestei întîmplări:

„Într-adevăr, « Trabacolo » alunecase pe uluc. Un fum alb, iscat de frecarea tălpoaiei, se ridica la capătul de dinainte al vasului, în timp ce partea dinapoi se adîncea tot mai mult în apele golfului.

Deodată, din mulţime se desprinse un om. Se repezi şi apucă o parîmă ce atîrna în partea dinainte a « Trabacolo»-ului. Dar zadarnic se opinteşte s-o reţină, înţepenindu-se din toate puterile, cu riscul de a fi şi el tîrît. Alături este înfipt un pilon de fier, servind la acostarea vaselor. Într-o clipă parîma e învîrtită în jurul pilonului şi începe să se desfăşoare încet-încet, în timp ce omul, ameninţat să fie tras şi să-şi strivească mîinile, încearcă să o ţină pe loc, opintindu-se cu o putere supraomenească.

Totul se petrece în zece secunde. Deodată parîma se rupse.

Dar aceste zece secunde fuseseră de ajuns. «Trabacolo» intrase de-a binelea în apele golfului, săltîndu-se ca într-o mişcare de tangaj. Alunecă cu iuţeală de-a lungul canalului de lansare, trecînd la mai puţin de un picior de partea dinapoi a goeletei, şi nu se opri pînă în momentul cînd ancora sa, căzînd la fund, îl opri cu o zvîcnitură.

Goeleta era salvată.

Iar omul, căruia nimeni nu avusese timpul să-i vină într-ajutor — atît de neaşteptată şi de fulgerătoare fusese această manevră —, omul acesta era Matifou".

---

[1] *JULES VERNE, Mathias Sandorf*, Bucureşti, Edit. tineretului, 1961, p. 156 *(n.t.)*.

Cît de uimit ar fi rămas autorul romanului dacă i s-ar fi spus că pentru o astfel de faptă nu trebuie de loc să fii uriaș și nici să ai „forță de tigru" ca Matifou. Orice om isteț ar fi putut face același lucru.

Mecanica ne învață că la lunecarea odgonului înfășurat pe pilon forța de frecare atinge o valoare mare. Cu cît este mai mare numărul de înfășurări ale odgonului, cu atît este mai mare frecarea; regula de creștere a frecării este astfel încît, o dată cu creșterea numărului de înfășurări în progresie aritmetică, frecarea crește în progresie geometrică. De aceea, chiar și un copil slab, ținînd capătul liber al odgonului înfășurat de 3—4 ori pe un arbore fix, poate echilibra o forță uriașă.

La debarcadere pentru navele fluviale, adolescenții opresc pe această cale navele cu o sută de pasageri care acostează. Ei nu sînt ajutați de forța fenomenală a mîinilor lor, ci de frecarea odgonului de pilon.

Euler, cunoscutul matematician din secolul al XVIII-lea, a stabilit dependența dintre forța de frecare și numărul de înfășurări ale odgonului în jurul pilonului. Pentru acei pe care nu-i sperie limbajul concis al expresiilor algebrice, dăm această formulă concludentă a lui Euler:

$$F = fe^{k\alpha}$$

Aici F este forța împotriva căreia este îndreptat efortul nostru f. Cu litera e este notat numărul 2,728... (baza logaritmilor naturali), k — este coeficientul de frecare între odgon și pilon, iar α reprezintă *unghiul de înfășurare*, adică raportul dintre lungimea arcului cuprins de odgon și raza acestui arc.

Să aplicăm formula la cazul descris de Jules Verne. Se obține un rezultat uimitor. În acest caz, forța F este forța de tracțiune a vasului care lunecă pe doc. Greutatea vasului din roman este cunoscută: 50 de tone. Vom presupune că înclinarea calei de construcție este 1/10; atunci asupra odgonului n-a acționat greutatea totală a vasului, ci doar 1/10 din ea, adică 5 tone, sau 5 000 kg.

Mai departe vom considera că coeficientul de frecare a odgonului de pilonul de fier este $k = 1/3$. Mărimea lui α o determinăm cu ușurință dacă considerăm că Matifou a înfășurat odgonul în jurul tamburului de trei ori.

Atunci:

$$\alpha = \frac{3 \times 2\pi r}{r} = 6\pi;$$

înlocuind toate aceste valori în formula lui Euler, obţinem ecuaţia

$$5\,000 = f \times 2{,}72^{6\pi \times \frac{1}{3}} = f \times 2{,}72^{2\pi}.$$

Necunoscuta f, adică mărimea efortului necesar, se poate determina din această ecuaţie, recurgînd la logaritmi:

$$\lg 5\,000 = \lg f + 2\pi \lg 2{,}72,$$

de unde

$$f = 9{,}3 \text{ kg}.$$

Astfel, pentru a săvîrşi o asemenea faptă era suficient ca uriaşul să tragă de odgon doar cu o forţă de 10 kg!

Să nu credeţi că această cifră, 10 kg, este numai teoretică şi că, de fapt, este necesar un efort mult mai mare. Dimpotrivă, rezultatul nostru este chiar exagerat: în cazul odgonului de iută şi al pilonului de lemn, cînd coeficientul de frecare k este mai mare, efortul solicitat este minim. Dacă odgonul ar fi suficient de rezistent şi ar rezista la tracţiune, atunci chiar şi un copil slab ar putea, înfăşurînd odgonul de 3—4 ori, nu numai să reediteze performanţa voinicului lui Jules Verne, dar s-o şi depăşească.

DE CE DEPINDE REZISTENŢA NODURILOR?

În viaţa cotidiană, fără a ne da seama, folosim adesea avantajele oferite de formula lui Euler. Ce altceva este un nod dacă nu o frînghie înfăşurată pe un arbore, al cărui rol în cazul de faţă îl joacă cealaltă parte a aceleiaşi frînghii? Rezistenţa oricărui nod — obişnuit, lunecător, marinăresc, fundă etc — depinde exclusiv de frecare, care este aici de multe ori amplificată, datorită faptului că sfoara se înfăşoară în jurul său aşa cum se înfăşoară odgonul în ju-

rul pilonului. Este ușor să ne convingem de acest fapt, urmărind sinuozitățile sforii în nod. Cu cît sînt mai multe sinuozități, cu atît este mai mare numărul de înfășurări ale frînghiei în jurul ei însăși, cu atît este mai mare *unghiul de înfășurare* și, prin urmare, cu atît este mai rezistent nodul.

Aceeași proprietate este folosită în mod inconștient și de croitorul care coase un nasture. El înfășoară de mai multe ori ața în jurul locului unde a cusut nasturele și numai după aceea o rupe; dacă ața este tare, nasturele nu se va rupe. Aici este folosită regula pe care o cunoaștem deja: o dată cu creșterea în progresie aritmetică a numărului de înfășurări ale aței, rezistența cusăturii crește în progresie geometrică.

Dacă nu ar exista frecare, nu ne-am putea folosi de nasturi. Ațele s-ar desfășura sub greutatea lor și nasturii ar cădea.

DACĂ NU AR FI EXISTAT FRECAREA

Vedeți cît de variat și în ce mod, uneori neașteptat, se manifestă frecarea în mediul nostru înconjurător. Frecarea, de altfel destul de mare, participă acolo unde nici nu ne gîndim. Dacă frecarea ar dispărea subit din natură, atunci multe dintre fenomenele obișnuite ar decurge cu totul altfel.

Despre rolul frecării, fizicianul Guillaume a scris:

„Cu toții am avut ocazia să ieșim în stradă pe polei: cîte eforturi ne-au trebuit pentru a nu cădea, cîte mișcări caraghioase a trebuit să facem pentru a nu ne pierde echilibrul! Aceasta ne silește să recunoaștem că, de obicei, pămîntul pe care umblăm are o proprietate prețioasă, datorită căreia ne păstrăm echilibrul fără eforturi deosebite. Același gînd se naște cînd mergem cu bicicleta pe un pavaj lunecos sau cînd calul alunecă pe asfalt și cade. Studiind asemenea fenomene, ajungem la descoperirea urmărilor la care duce frecarea. Inginerii caută s-o înlăture, pe cît posibil, în mașini — și bine fac. În mecanica aplicată, despre frecare se vorbește ca despre un fenomen foarte indezirabil, și aceasta este just, dar numai într-un domeniu îngust de specialitate. În toate celelalte cazuri trebuie însă să fim recunoscător

frecării: ea ne dă posibilitatea de a umbla, de a sta jos și de a lucra fără primejdia ca lucrurile de pe masă să cadă pe podea, ca masa să lunece pînă se va propti într-un colț, iar tocul să fugă dintre degete.

Frecarea este un fenomen atît de răspîndit, încît noi, cu mici excepții, nu sîntem nevoiți să apelăm la ajutorul ei, ea ne vine singură în ajutor.

Frecarea contribuie la stabilitate. Tîmplarii netezesc podeaua astfel încît masa și scaunele rămîn acolo unde au fost așezate. Platourile, farfuriile, paharele așezate pe masă rămîn imobile fără ca noi să luăm măsuri speciale, bineînțeles dacă nu ne găsim pe vapor pe timp de furtună.

Să ne imaginăm că frecarea poate fi înlăturată cu totul. Atunci nici un corp, fie chiar și de dimensiunile unei stînci sau, dimpotrivă, ale unui fir de nisip, nu se va menține niciodată unul deasupra celuilalt. Totul ar luneca și s-ar rostogoli pînă ar ajunge la același nivel. Dacă nu ar exista frecare, atunci Pămîntul ar fi o sferă fără neregularități, ca și cum ar fi lichid".

Se mai poate adăuga la aceasta că în absența frecării cuiele și șuruburile ar luneca din ziduri, și nici un obiect nu ar putea fi ținut în mînă, că nici un sunet nu s-ar atenua, ci ar răsuna într-un ecou nesfîrșit, reflectîndu-se neslăbit de exemplu de pereții camerei.

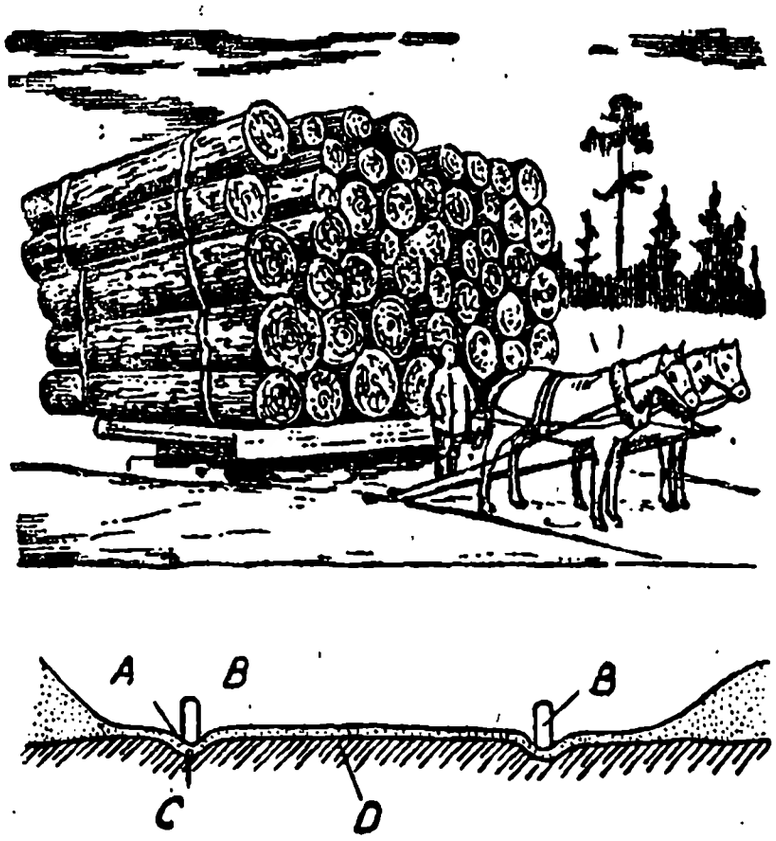


Fig. 22 — Sus — sanie încărcată pe gheață: doi cai trag o povară de 70 tone. Jos — drumul înghețat; *A* — șanțul, *B* — talpa saniei, *C* — zăpada bătătorită, *D* — baza de pămînt a șoselei.

O lecție intuitivă care ne convinge de imensa importanță a frecării ne-o dă de fiecare dată poleiul. Ieșind în stradă pe polei, devenim neputincioși și riscăm tot timpul să cădem. Iată în acest sens un extras dintr-un ziar (din decembrie 1927):

„*Londra, 21.* Din cauza poleiului, circulația

pe străzi la Londra este mult îngreuiată. Au fost internate în spitale circa 1 400 de persoane care și-au fracturat picioarele, mîinile etc.".

„Ciocnindu-se în apropierea Hyde-Park-ului trei automobile și două vagoane de tramvai, mașinile au fost deteriorate din cauza exploziei benzinei...".

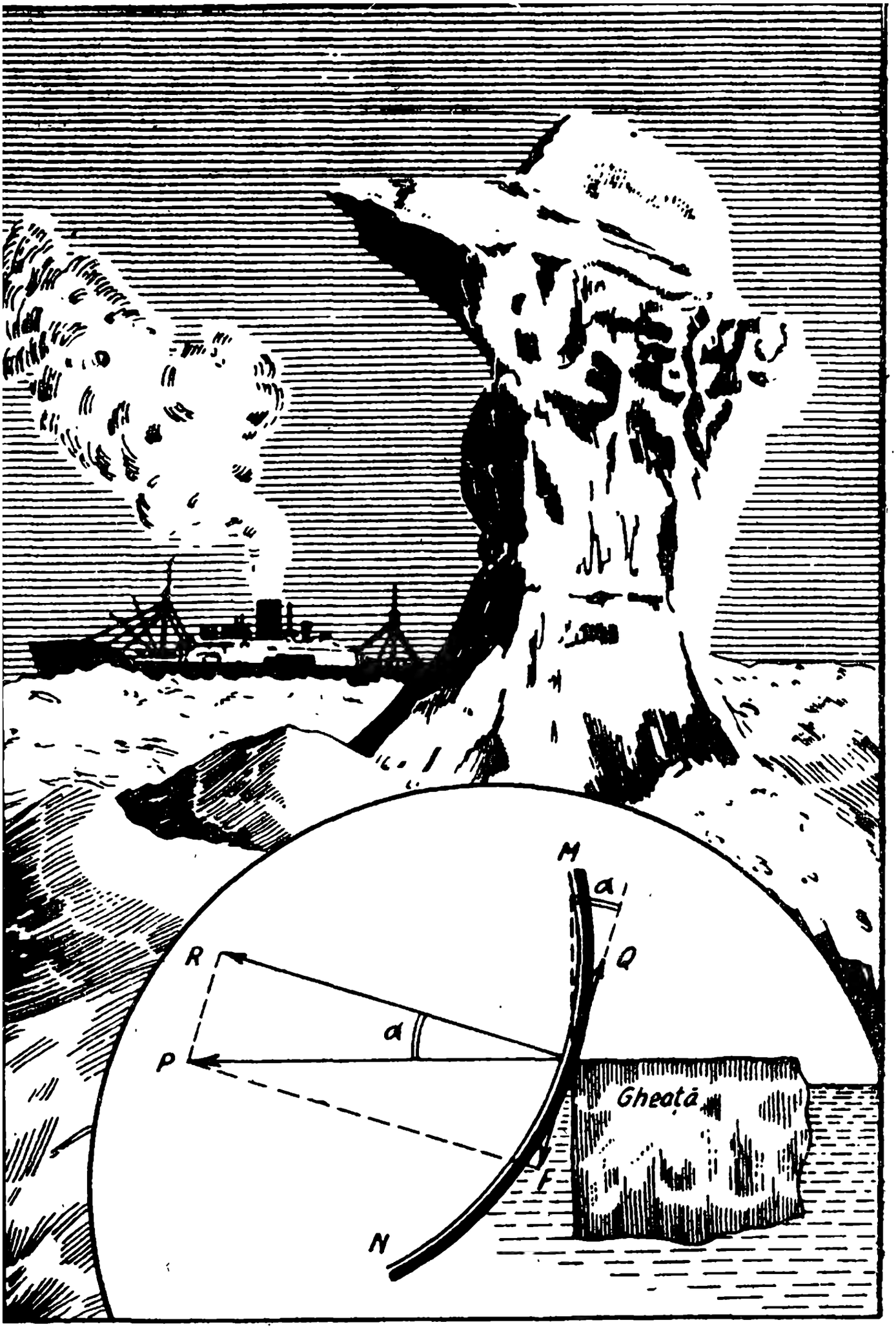
„*Paris 21.* La Paris și în împrejurimile lui au avut loc numeroase accidente din cauza poleiului...".

Dar frecarea redusă pe gheață poate fi folosită cu succes în practică. Drept exemplu servește sania cea mai simplă. Un exemplu și mai bun îl constituie drumurile de gheață care se amenajau de la locurile de tăiere a pădurilor spre calea ferată sau punctele de lansare a plutelor. Pe un astfel de drum (fig. 22), pe care se amenajează șine netede de gheață, o pereche de cai reușește să transporte 70 de tone de lemne.

CAUZELE FIZICE ALE CATASTROFEI SUFERITE DE NAVA „CELIUSKIN"

Din cele arătate mai sus nu trebuie trasă concluzia pripită că frecarea pe gheață este neglijabilă în toate condițiile. Chiar la o temperatură apropiată de zero grade, frecarea pe gheață este adesea destul de mare. Legat de funcționarea spărgătoarelor de gheață, s-a studiat cu atenție frecarea gheții mărilor polare de căptușeala de oțel a navelor. S-a constatat că ea este neașteptat de mare, nefiind mai scăzută decît frecarea fierului de fier: coeficientul de frecare la frecarea unei căptușeli de oțel noi de gheață este 0,2.

Pentru a înțelege ce importanță are această cifră în cazul navelor care navighează printre ghețuri, să examinăm figura 23: în ea este reprezentată direcția forțelor care acționează asupra bordului MN al navei sub presiunea gheții. Forța P a presiunii gheții se descompune în două: forța R, care este perpendiculară pe bord, și forța F, dirijată de-a lungul tangentei la bord. Unghiul dintre P și R este egal cu unghiul α de înclinare a bordului față de verticală. Forța Q de frecare a gheții de bord este egală cu forța R înmulțită cu coeficien-



g. 23 — *Celiuskin* imobilizat de gheţuri. Jos, forţele care acţionează asupra bordului *MN* al vasului sub presiunea gheţurilor.

tul de frecare, adică cu 0,2; obținem $Q = 0{,}2\ R$. Dacă forța de frecare Q este mai mică decît F, atunci aceasta din urmă antrenează gheața sub apă; gheața lunecă de-a lungul bordului și nu are timp să pricinuiască nici un fel de rău navei. Dacă însă forța Q este mai mare decît F, atunci frecarea împiedică lunecarea gheții și, prin presare continuă, gheața poate turti și sparge bordul.

Dar cînd anume $Q < F$? Este ușor de văzut că $F = R\operatorname{tg}\alpha$, prin urmare trebuie să existe inegalitatea $Q < R\operatorname{tg}\alpha$; și, deoarece $Q = 0{,}2\ R$, inegalitatea $Q < F$ duce la o altă inegalitate:

$$0{,}2\ R < R\operatorname{tg}\alpha$$

sau

$$\operatorname{tg}\alpha > 0{,}2.$$

Cu ajutorul tabelelor găsim unghiul a cărui tangentă este 0,2; el este egal cu 11°. Prin urmare, $Q < F$ atunci cînd $\alpha > 11°$. În felul acesta se determină înclinarea față de verticală a bordului navei care poate asigura navigația printre ghețuri: înclinarea minimă este de 11°.

Să vorbim acum despre catastrofa suferită de nava „*Celiuskin*". Această navă, care nu era un spărgător de gheață, și-a parcurs cu bine întregul traseu prin apele nordice, dar, ajungînd în strîmtoarea Bering, a fost imobilizată de ghețuri.

Ghețurile au antrenat cu ele nava pînă în nordul cel mai îndepărtat și au strivit-o (în februarie 1934). Mulți își amintesc și azi despre modul în care oamenii de pe „*Celiuskin*" au rezistat eroic în mijlocul ghețurilor și cum au fost salvați de aviatorii eroi.

Iată descrierea catastrofei:

„Metalul rezistent al corpului nu a cedat imediat — comunica prin radio șeful expediției O.I. Șmidt. — Se vedea cum ghețarul turtea bordul și cum foile de oțel ale căptușelii se bombau și se curbau. Ghețurile își continuau ofensiva înceată, dar sigură. Foile căptușelii au plesnit de-a lungul sudurii. Niturile săreau cu zgomot. Într-o clipită, bordul stîng al navei s-a rupt de la pupă pînă la proră...".

După cele discutate în acest paragraf, credem ca cititorul înţelege cauzele fizice ale catastrofei.

De aici rezultă şi urmările practice. La construirea navelor destinate navigaţiei printre gheţuri, este necesar ca bordul lor să aibă înclinarea necesară, şi anume cel puţin 11°.

BASTONUL AUTOECHILIBRAT

Aşezaţi un baston neted pe degetele arătătoare ale mîinilor dumneavoastră, aşa cum se arată în figura 24. Apropiaţi acum degetele pînă la atingerea lor. Ce curios! Veţi constata că în această poziţie bastonul nu cade, ci îşi păstrează echilibrul. Repetaţi experienţa de mai multe ori, variind poziţia iniţială a degetelor, dar rezultatul este acelaşi: bastonul rămîne în echilibru. Înlocuind bastonul cu o riglă de desen, cu un baston de biliard sau cu o perie de podele, constataţi că particularitatea se păstrează.

Fig. 24 — Experienţa cu rigla. Sus — rezultatul experienţei

Care este explicaţia acestui final neaşteptat?

Înainte de toate este clar că, dacă bastonul rămîne în echilibru pe degetele apropiate, se înţelege de la sine că acestea din urmă sînt situate sub centrul de greutate al bastonului (corpul rămîne în echilibru dacă perpendiculara coborîtă din centrul de greutate cade în interiorul limitelor suprafeţei de sprijin).

Cînd degetele sînt depărtate, greutatea cea mai mare este suportată de degetul care este mai apropiat de centrul de greutate. O dată cu presiunea creşte şi frecarea. Degetul mai apropiat de centrul de greutate simte o frecare mai mare

decît cel mai îndepărtat. De aceea degetul mai apropiat de centrul de greutate nu lunecă sub baston; lunecă totdeauna doar acel deget care este mai depărtat de acest punct. Îndată ce degetul care se afla în mișcare se apropie mai mult decît celălalt de centrul de greutate, degetele își schimbă rolurile; această înlocuire are loc de cîteva ori pînă la apropierea completă a degetelor. Și, deoarece de fiecare dată se mișcă doar unul dintre degete, și anume acela care este mai depărtat de centrul de greutate, este firesc ca pînă la urmă apropierea degetelor să aibă loc sub centrul de greutate al bastonului.

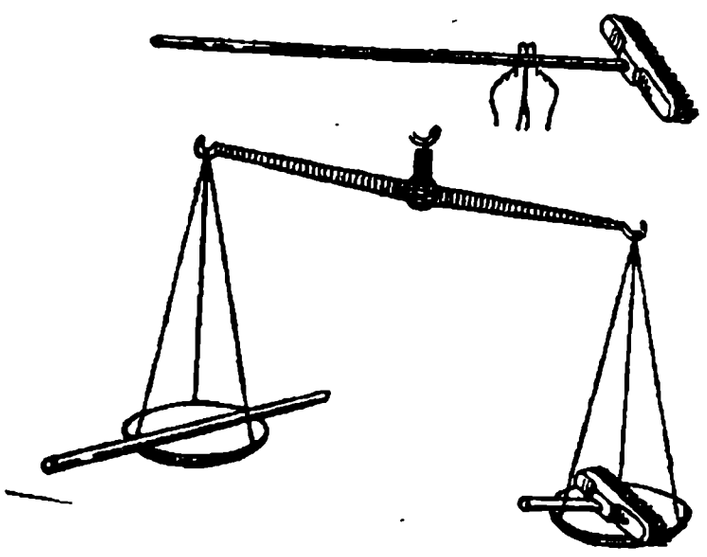
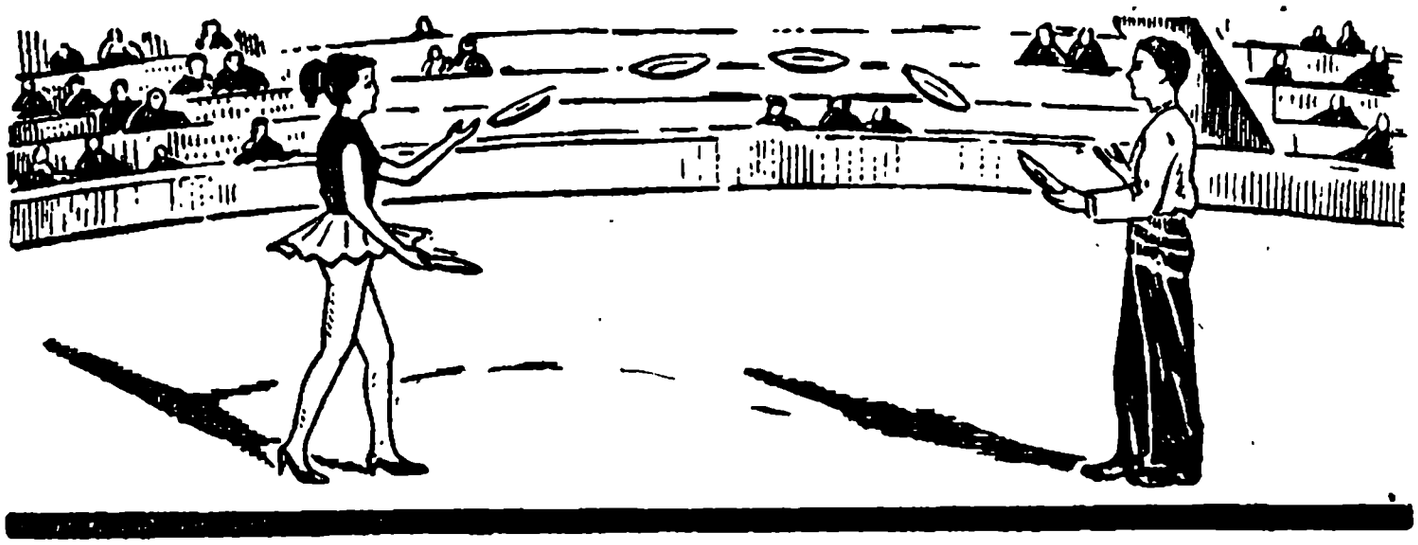


Fig. 25 — Aceeași experiență efectuată cu o perie de podele. De ce nu este în echilibru balanța?

Înainte de a termina cu această experiență, repetați-o cu o perie de podele (fig. 25, sus) și puneți-vă întrebarea: dacă tăiați coada periei în locul unde se întîlnesc degetele și puneți cele două bucăți pe cele două talere ale unei balanțe (fig. 25, jos), care dintre cele două talere va fi mai greu: cel cu coada sau cel cu peria?

S-ar părea că, dacă cele două părți erau în echilibru pe degete, ele trebuie să fie în echilibru și pe talerele balanței. În realitate însă, talerul cu peria este mai greu. Cauza acestui fenomen este ușor de ghicit dacă ținem seama de faptul că, atunci cînd peria este în echilibru pe degete, forțele de greutate ale celor două părți erau aplicate la brațele inegale ale unei pîrghii; în cazul balanței însă, aceleași forțe sînt aplicate la capetele unei pîrghii cu brațe egale.

Pentru *Pavilionul științei distractive* din Parcul de cultură din Leningrad am comandat un set de bețe cu poziția diferită a centrului de greutate; bețele se desfăceau în două părți, de obicei inegale, exact în locul unde era centru lor de greutate. Așezînd aceste bucăți pe talerul unei balanțe vizitatorii constatau cu mirare că partea mai scurtă este mai grea decît cea mai lungă.



Capitolul 3

MIŞCAREA CIRCULARĂ

DE CE NU CADE TITIREZUL?

Din miile de oameni care s-au amuzat în copilăria lor jucîndu-se cu titirezul, nu sînt mulţi care pot răspunde corect la această întrebare. Într-adevăr, cum poate fi explicat faptul că titirezul, aşezat vertical sau chiar înclinat şi pus în mişcare, nu se răstoarnă, contrar aşteptărilor? Ce forţă îl menţine în această poziţie, aparent atît de instabilă? Oare greutatea nu are asupra lui nici o influenţă? Aici are loc o interacţiune interesantă a forţelor. Teoria titirezului nu este simplă şi nu intenţionăm să ne adîncim în ea aici. Arătăm numai cauza principală care împiedică răsturnarea lui.

În figura 26 este reprezentat un titirez care se roteşte în sensul indicat prin săgeţi. Urmăriţi porţiunea *A* şi porţiunea opusă *B* ale marginii lui. Porţiunea *A* tinde să se deplaseze d i n s p r e dumneavoastră, iar porţiunea *B* s p r e dumneavoastră. Observaţi acum ce mişcare capătă aceste porţiuni cînd înclinaţi axa titirezului s p r e dumneavoastră. Prin acest şoc forţaţi porţiunea *A* să se miște în sus, iar *B* în jos; ambele porţiuni primesc un impuls sub un unghi drept faţă de propria

lor mișcare. Dar, deoarece la o rotație rapidă a titirezului viteza circulară a părților discului este foarte mare, viteza mică imprimată de dumneavoastră, adunîndu-se cu viteza circulară mare a punctului, dă o rezultantă foarte apropiată de această viteză circulară și mișcarea titirezului nu suferă aproape nici o modificare. De aici este clar de ce titirezul opune parcă rezistență cînd încercăm să-l răsturnăm. Cu cît este mai masiv titirezul și cu cît mai repede se rotește el, cu atît mai mult se opune la răsturnare.

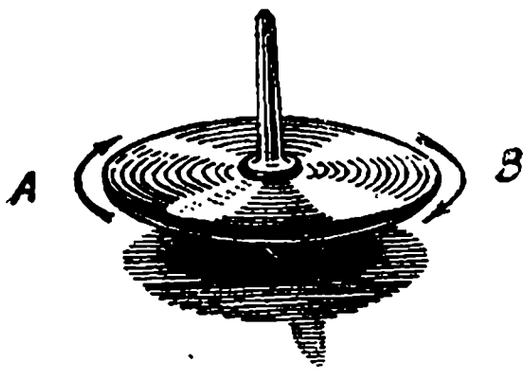


Fig. 26 — De ce nu cade titirezul?

Esența acestei explicații este legată direct de legea inerției. Fiecare părticică a titirezului efectuează o mișcare circulară într-un plan perpendicular pe axa de rotație. Conform legii inerției, fiecare dintre aceste părticele caută să treacă de pe cerc pe linia de dreaptă tangentă la acesta. Dar toate tangentele sînt plasate în același plan ca și însuși cercul; de aceea fiecare părticică încearcă să se miște astfel încît să rămînă tot timpul în planul perpendicular pe axa de rotație. De aici rezultă că toate planele titirezului perpendiculare pe axa de rotație caută să-și păstreze poziția în spațiu și de aceea perpendiculara comună pe ele, adică însăși axa de rotație, caută de asemenea să-și păstreze direcția.

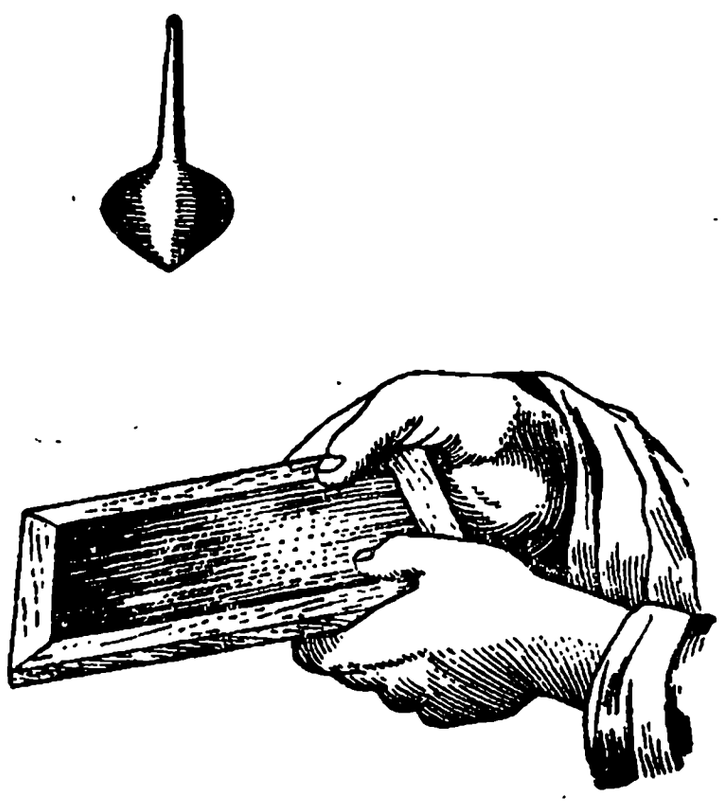


Fig. 27 — Un titirez în mișcare, fiind aruncat în sus, își păstrează poziția inițială a axului său.

Nu vom analiza toate mișcările titirezului care apar atunci cînd asupra lui acționează o forță exterioară. Aceasta ar necesita explicații prea amănunțite care s-ar putea să vă plictisească. Am vrut doar să explic cauza tendinței oricărui corp aflat în mișcare

de rotație de a-și păstra neschimbată direcția axei sale de rotație.

Tehnica modernă folosește pe scară largă această proprietate. Pe bordul navelor și avioanelor moderne se instalează în prezent diferite aparate giroscopice (bazate pe proprietatea titirezului): busole, stabilizatoare etc. Mișcarea de rotație asigură stabilitatea proiectilelor în timpul zborului și poate fi folosită și pentru asigurarea stabilității proiectilelor cosmice — sateliți și rachete — în deplasarea lor. Iată ce aplicații utile are această jucărie aparent atît de simplă.

ARTA JONGLERILOR

Multe dintre exercițiile uimitoare care fac parte din programul variat al jonglerilor se bazează de asemenea pe proprietatea corpurilor ce se rotesc de a-și păstra direcția axei de rotație. Îmi permit să dau aici un citat din interesanta carte *Titirezul rotitor* a fizicianului englez prof. John Perry.

„Am arătat odată cîteva dintre experiențele mele în fața publicului care bea cafea și fuma tutun în superba încă-

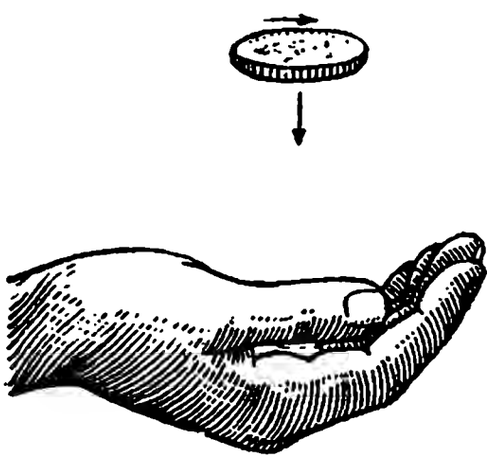


Fig. 28 — Cum zboară o monedă care a fost aruncată în sus, dacă i s-a imprimat o mișcare de rotație.

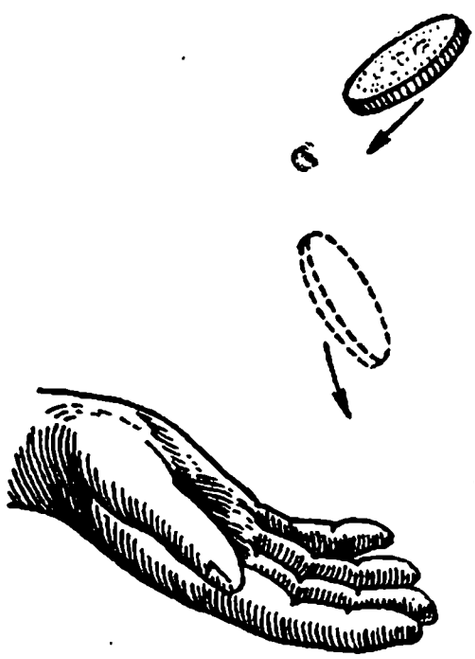


Fig. 29 — Moneda aruncată fără rotație cade într-o poziție întîmplătoare.

pere a sălii de concerte *Victoria* din Londra. Am încercat să trezesc interesul auditorului meu, în măsura în care puteam s-o fac, şi le-am spus că unui inel plan trebuie să i se comunice o mişcare de rotaţie dacă dorim să-l aruncăm aştfel încît să indicăm dinainte unde va cădea el; tot astfel se procedează dacă dorim să-i aruncăm cuiva pălăria astfel încît acesta s-o poată prinde în vîrful unui baston. Totdeauna ne putem baza pe rezistenţa pe care o opune un corp aflat în mişcare de rotaţie atunci cînd i se schimbă direcţia axei. Apoi am explicat auditorului meu că ş l e f u i n d neted ţeava tunului nu se poate conta niciodată pe precizia de ochire; de aceea, în prezent se fac tunuri a căror ţeavă are ghivent, adică se crestează pe suprafaţa interioară a ţevii nişte şanţuri în spirală, cu care vin în contact neregularităţile proiectilului, pentru ca acesta din urmă să capete o mişcare de rotaţie atunci cînd forţa de explozie a pulberii îl sileşte să se deplaseze de-a lungul ţevii. De aceea proiectilul părăseşte tunul cu o mişcare de rotaţie bine determinată.

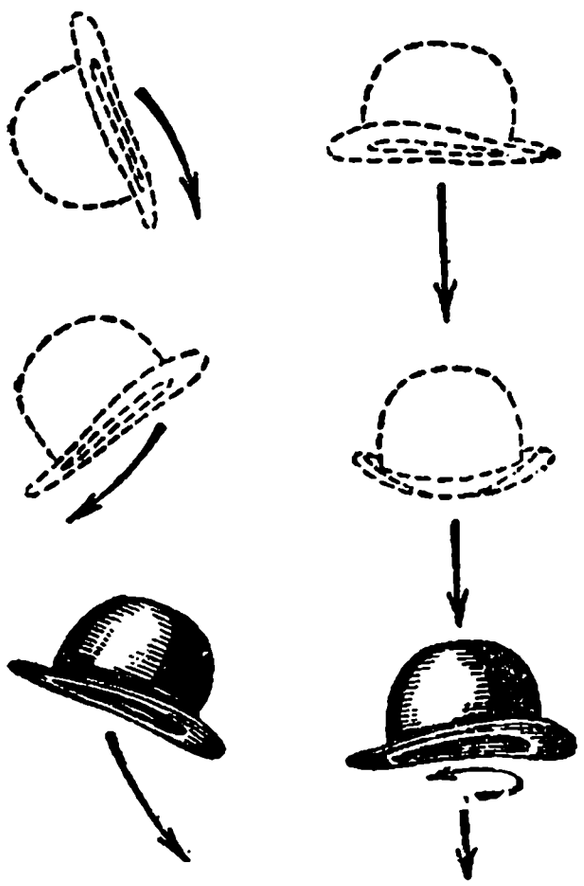


Fig. 30 — Este mai uşor de prins o pălărie aruncată, dacă acesteia i s-a comunicat o mişcare de rotaţie în jurul axei.

Aceasta a fost tot ce am putut face în timpul acestei lecţii, pentru că nu am abilitatea de jongler la aruncarea pălăriilor sau a discurilor. Dar după ce am terminat lecţia pe scenă au apărut doi jongleri şi nici nu mi-aş fi putut dori o ilustrare mai bună a legilor menţionate mai sus decît cea pe care o prezenta fiecare exerciţiu făcut de cei doi artişti. Ei îşi aruncau unul altuia pălării, cercuri, farfurii, umbrele rotitoare... Unul dintre jongleri lansa în aer un şir întreg de cuţite, le prindea şi iar le arunca în sus cu o mare precizie; auditorul meu, care abia ascultase explicaţiile, jubila; spectatorii observau că jonglerii comunicau o mişcare de rotaţie

fiecărui cuţit, aruncîndu-l astfel încît să poată şti exact poziţia în care îl va prinde. Am fost uimit cînd am observat că aproape toate exerciţiile de jonglerie prezentate în acea seară erau o ilustrare a principiului expus mai sus".

O NOUĂ SOLUŢIE A PROBLEMEI LUI COLUMB

Columb a rezolvat prea simplu cunoscuta sa problemă cu oul: i-a spart coaja [1].

O asemenea soluţie este, de fapt, greşită: spărgînd coaja, Columb i-a schimbat forma oului şi, prin urmare, n-a aşezat în poziţie verticală oul, ci un alt corp; întreaga esenţă a problemei este cuprinsă doar în forma oului: schimbîndu-i forma, înlocuim, de fapt, oul cu un alt corp. Deci Columb nu a dat soluţia pentru acel corp pentru care fusese ea căutată.

Şi, cu toate acestea, problema marelui navigator poate fi rezolvată fără a schimba cîtuşi de puţin forma oului dacă

Fig. 31 — Soluţia problemei lui Columb: oul se roteşte sprijinindu-se pe capătul său ascuţit.

[1] Trebuie, totuşi, să menţionăm faptul că legenda populară despre oul lui Columb nu are nici o bază istorică. Cunoscutului navigator i se atribuie un fapt realizat cu mult înainte de o altă persoană şi într-o împrejurare cu totul diferită, şi anume de către arhitectul italian Brunelleschi (1377—1446), constructorul uriaşei cupole a catedralei din Florenţa („Cupola mea va fi tot atît de stabilă ca şi acest ou pe capătul său ascuţit!").

folosim proprietatea titirezului; pentru aceasta este suficient doar să imprimăm oului o mișcare de rotație în jurul axei sale lungi; astfel, el va sta cîtva timp fără să se răstoarne pe capătul său mai lat sau chiar pe cel ascuțit. Cum se face acest lucru este arătat în desen; oului i se imprimă mișcarea de rotație cu ajutorul degetelor. Depărtîndu-vă mîinile veți vedea că oul se învîrtește, păstrîndu-și încă cîtva timp poziția verticală: problema este rezolvată.

Pentru experiențe trebuie să se ia neapărat ouă fierte. Aceasta nu încalcă cu nimic condițiile problemei lui Columb: propunînd-o, Columb a luat un ou de pe masă, iar la masă presupunem că nu s-au servit ouă crude. Nu credem că veți reuși să faceți să se rotească un ou crud, pentru că, în cazul de față, masa lichidă din interior constituie o frînă. Aceasta este, de altfel, metoda simplă de a deosebi ouăle crude de cele răscoapte, metodă pe care o cunosc mai toate gospodinele.

GREUTATEA „DISPĂRUTĂ"

„Apa nu se varsă dintr-un vas care se rotește; nu se varsă nici chiar atunci cînd vasul este răsturnat cu fundul în sus, pentru că lucrul acesta este împiedicat de mișcarea de rotație", scria acum vreo două mii de ani Aristotel. În figura 32 este reprezentată această experiență de efect, care în mod neîndoielnic le este cunoscută multora: rotind suficient de repede găleața cu apă așa cum se arată în figură, reușiți ca apa să nu se verse nici chiar în acea parte a drumului unde găleața este răsturnată cu fundul în sus.

Se obișnuiește ca fenomenul să se explice prin „forța centrifugă", înțelegînd prin aceasta o forță imaginară care ar fi aplicată corpului și ar determina tendința lui de a se depărta de centrul de rotație. De fapt o asemenea forță nu există: tendința arătată mai sus nu este nimic altceva decît manifestarea i n e r ț i e i, iar orice mișcare prin inerție se realizează fără participarea de forțe. În fizică, prin forța centrifugă se înțelege tocmai acea forță reală cu care un corp

în rotație întinde firul care-l susține sau cu care presează pe traiectoria sa curbilinie. Această forță nu este aplicată la însuși corpul în mișcare, ci la o b s t a c o l u l care-l împiedică să se deplaseze rectiliniu: la fir, la șine, pe porțiunea curbă a drumului etc.

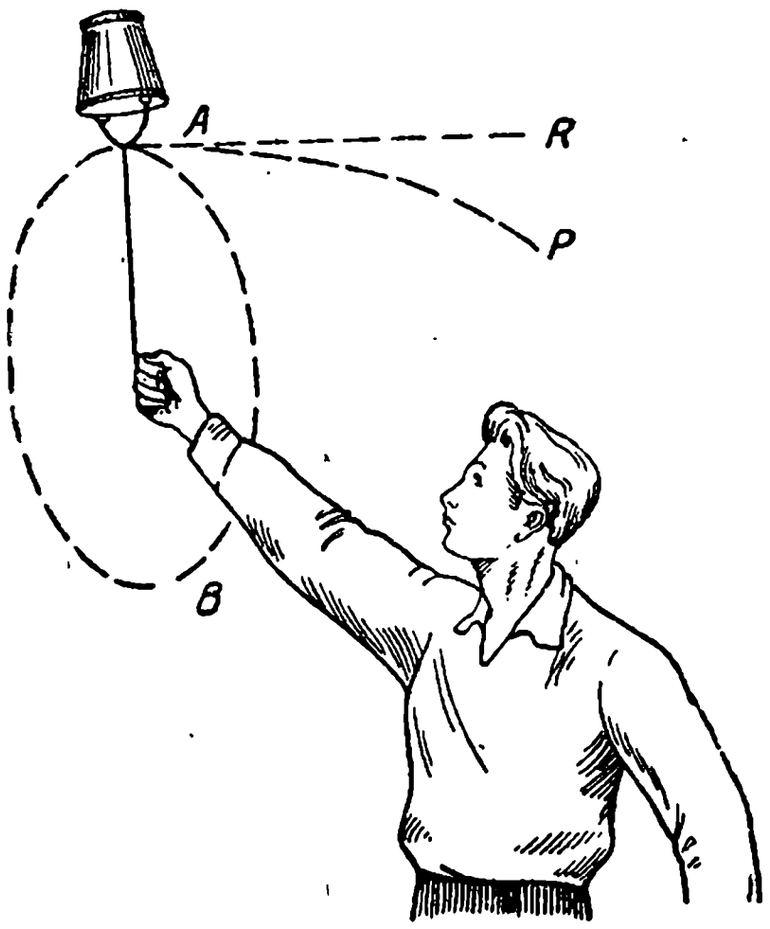


Fig. 32 — De ce nu se varsă apa din găleţica căreia i se imprimă o mișcare de rotație.

Întorcîndu-ne la rotirea vasului cu apă, să încercăm să analizăm cauza acestui fenomen fără a recurge la noțiunea de „forță centrifugă". Să ne punem întrebarea: încotro se va îndrepta jetul de apă dacă am face o gaură în peretele vasului? Dacă n-ar exista forța de gravitație, datorită inerției jetul de apă s-ar îndrepta după tangenta AK la cercul AB (fig. 32). Gravitația forțează însă jetul să coboare și să descrie o curbă (parabola AP). Dacă viteza circulară este destul de mare, atunci curba se va plasa în afara cercului AB. Jetul ne indică drumul pe care s-ar fi deplasat apa la rotirea găleții dacă nu ar fi fost împiedicată de vasul care o apasă. Este clar acum că apa nu caută de loc să se miște vertical în jos și de aceea nici nu se varsă din găleţică. Ea s-ar putea vărsa doar în cazul cînd găleţica ar fi îndreptată cu gura în sensul ei de rotire.

Calculați acum cu ce viteză trebuie rotită în această experiență găleata pentru ca apa să nu curgă din ea în jos Această viteză trebuie să aibă o asemenea valoare, încît accelerația centripetă a vasului aflat în mișcare de rotație să nu fie mai mică decît accelerația gravitației: atunci drumul pe care tinde să se miște apa se va situa în afara cercului

descris de găleţică şi apa nu se va desprinde de vas. Formul pentru calculul acceleraţiei centripete W este următoarea

$$W = \frac{v^2}{R}$$

unde v este viteza circulară, iar R raza drumului circulai Deoarece acceleraţia gravitaţiei la suprafaţa globului te restru este $g = 9{,}8$ m/s², avem inegalitatea

$$\frac{v^2}{R} \geqslant 9{,}8.$$

Dacă presupunem $R = 70$ cm, atunci $\frac{v^2}{0{,}7} \geqslant 9{,}8$ şi

$$v \geqslant \sqrt{0{,}7 \times 9{,}8}; \quad v \geqslant 2{,}6 \text{ m/s}.$$

Se calculează uşor că pentru obţinerea unei astfel de vitez circulare trebuie să efectuăm cu mîna aproximativ o rotaţi şi jumătate pe secundă. Această viteză de rotaţie este p deplin realizabilă şi experienţa reuşeşte fără prea mare trudă

Proprietatea lichidului de a adera la pereţii vasului în care el se roteşte în jurul unei axe orizontale, este folosit în tehnică pentru aşa-numita t u r n a r e c e n t r i f u g ă Aici are o importanţă esenţială faptul că un lichid neomoge se stratifică după greutatea specifică: părţile component mai grele se plasează mai departe de axa de rotaţie, iar cel mai uşoare se plasează mai aproape de aceasta. De acee toate gazele conţinute în metalul topit şi care formeaz aşa-numitele „sufluri“ în topitură se separă din metal î partea interioară, goală, a piesei turnate. Produsele astfe fabricate sînt compacte şi lipsite de sufluri. Centrifugare este mai ieftină decît turnarea obişnuită sub presiune ş nu necesită instalaţii complicate.

SÎNTEŢI ÎN ROLUL LUI GALILEI

Pentru amatorii de senzaţii tari se organizează uneor o distracţie originală, aşa-numitul „leagăn al diavolului“ Un astfel de leagăn a existat şi la Leningrad. Eu nu m-an

dat niciodată în el, de aceea dau aici descrierea făcută într-o culegere de distracţii ştiinţifice:

„Leagănul este suspendat de o traversă orizontală rezistentă, aşezată în încăpere la o anumită înălţime deasupra podelii. Cînd toţi şi-au ocupat locurile, un îngrijitor special angajat încuie uşa de acces, înlătură scîndura care a servit la intrare şi, declarîndu-le vizitatorilor că le va oferi îndată posibilitatea de a face o călătorie în aer, începe să mişte uşor leagănul. Apoi ia loc şi el în spatele leagănului sau chiar iese din sală.

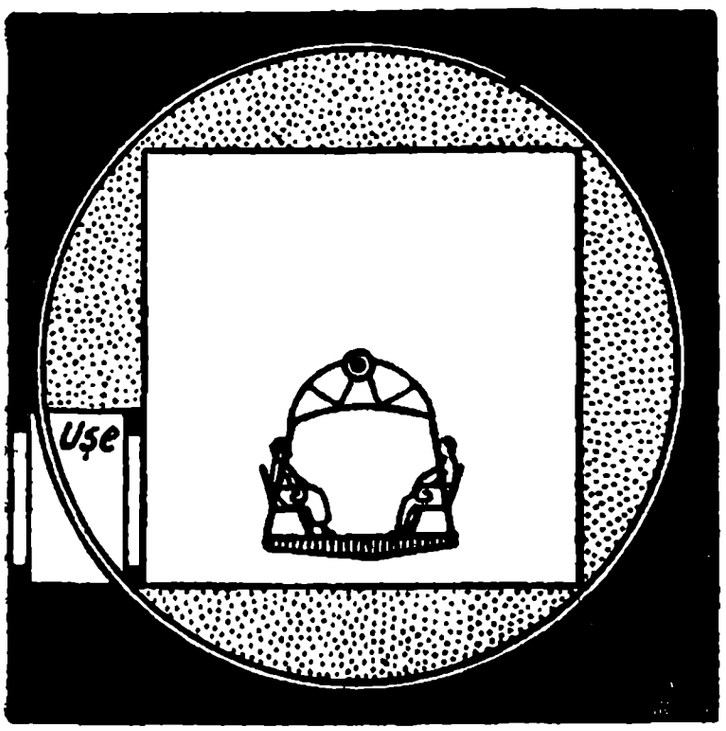


Fig. 33 — Schema „leagănului diavolului".

Între timp amplitudinea mişcării leagănului creşte din ce în ce mai mult; leagănul atinge înălţimea traversei, apoi o depăşeşte, se înalţă tot mai mult şi, în sfîrşit, descrie un cerc complet. Mişcarea se accelerează tot mai mult şi persoanele din leagăn, deşi în majoritatea cazurilor prevenite, au senzaţia certă de legănat şi de deplasare rapidă; li se pare că zboară cu capul în jos în spaţiu, astfel încît involuntar îşi crispează degetele de speteaza scaunului pentru a nu cădea...

... Dar iată că mişcarea încetineşte, leagănul nu se mai înalţă pînă la traversă, iar peste încă cîteva secunde se opreşte definitiv...

... În realitate însă, leagănul a r ă m a s t o t t i m p u l n e m i ş c a t, de la începutul pînă la sfîrşitul experienţei; camera a fost cea care, cu ajutorul unui mecanism simplu, s-a rotit în jurul axei sale orizontale. Mobila din încăpere este fixată pe podea sau pereţi, lampa este astfel sudată de masă încît aparent se poate răsturna cu uşurinţă şi este formată dintr-un bec electric acoperit cu un abajur. Slujitorul care a dat un impuls uşor leagănului s-a prefăcut

doar că-i face vînt. Totul este astfel amenajat, încît să contribuie la succesul deplin al acestei iluzii".

După cum vedeţi, secretul iluziei este ridicol de simplu. Şi totuşi acum, chiar cunoscînd secretul „leagănului diavolului", v-aţi lăsa înşelaţi dacă v-aţi trezi aşezaţi în acest leagăn. Iată cît de mare este forţa iluziei!

Printre pasagerii leagănului care nu-i cunosc secretul, aţi fi fost un fel de Galileo, dar pe dos: Galileo demonstra că Soarele şi stelele sînt imobile şi, contrar aparenţelor, cei care ne mişcăm sîntem noi înşine; dumneavoastră însă veţi demonstra că nemişcaţi rămînem noi, iar camera întreagă se învîrteşte în jurul nostru. Este posibil că în acest caz aţi avea de suferit şi dumneavoastră soarta lui Galileo: aţi fi privit ca un om care contestă lucruri evidente...

ÎN DISCUŢIE CU DUMNEAVOASTRĂ

Nu va fi chiar aşa de uşor, după cum vi se pare, să demonstraţi că aveţi dreptate. Imaginaţi-vă că v-aţi instalat într-adevăr în „leagănul diavolului" şi că vreţi să vă convingeţi vecinii că ei sînt induşi în eroare. Vă propun să purtaţi această discuţie cu mine. Să ne instalăm în „leagănul diavolului" şi să aşteptăm momentul în care va începe să descrie, aparent, cercuri complete şi... să începem discuţia: ce se învîrteşte: leagănul sau camera întreagă? Vă rog doar ca în timpul acestei discuţii să nu părăsiţi nici o clipă leagănul: vom lua cu noi din timp tot ce ne trebuie.

Dumneavoastră. Cum vă puteţi îndoi de faptul că noi sîntem imobili şi că se roteşte încăperea ?! Dacă leagănul nostru ar fi cu adevărat răsturnat cu fundul în sus, atunci noi nu am rămîne suspendaţi cu capul în jos, ci am cădea din leagăn. Dar, după cum vedeţi, nu cădem. Prin urmare, nu se învîrteşte leagănul, ci camera.

Eu. Dar amintiţi-vă că apa nu curge din căldarea care se învîrteşte repede, deşi aceasta din urmă revine mereu în poziţie răsturnată. Nu cade nici biciclistul care efectuează

„bucla diavolului“ (vezi mai departe, pag. 67), deşi merge cu capul în jos.

Dumneavoastră. Dacă este aşa, atunci să calculăm forţa centrifugă şi vom vedea dacă ea este suficientă pentru ca noi să nu cădem din leagăn. Cunoscînd distanţa de la noi la axa de rotaţie şi numărul de rotaţii pe secundă, vom determina cu uşurinţă, folosind formula...

Eu. Nu vă osteniţi să calculaţi. Ştiind despre această discuţie dintre noi, organizatorii „leagănului diavolului“ m-au prevenit că numărul de rotaţii va fi pe deplin suficient pentru ca fenomenul să poată avea explicaţia dată de mine. Prin urmare, calculele sînt de prisos în discuţia noastră.

Dumneavoastră. Şi, totuşi, nu mi-am pierdut speranţa de a vă schimba părerea. Vedeţi că apa nu se varsă din acest pahar... Da, dar şi acum veţi invoca experienţa cu găleata. Ei bine, ţin în mînă un fir de plumb care este mereu îndreptat spre picioarele noastre, adică în jos. Dacă ne-am învîrti noi şi nu camera, atunci firul de plumb ar fi mereu îndreptat spre podea, deci cînd spre capetele noastre, cînd în lături.

Eu. Vă înşelaţi: dacă ne învîrtim cu o viteză suficientă, atunci firul de plumb trebuie să se îndepărteze de axă de-a lungul razei de rotaţie, adică spre picioarele noastre, după cum şi observăm.

FINALUL DISCUŢIEI NOASTRE

Permiteţi-mi acum să vă arăt cum puteţi ieşi victorios din această discuţie. Trebuie să luaţi cu dumneavoastră în „leagănul diavolului“ o balanţă cu arc, să aşezaţi pe taler o greutate, de exemplu un kilogram şi să urmăriţi indicaţiile săgeţii: ea va indica mereu aceeaşi greutate, adică 1 kg. Aceasta demonstrează în mod evident faptul că leagănul este imobil.

Într-adevăr, dacă am fi descris, împreună cu balanţa cu arc, cercuri în jurul axei, atunci asupra greutăţii, în afară de forţa de gravitaţie, ar fi acţionat şi efectul centrifug, care în punctele inferioare ale drumului, ar fi c r e s c u t greu-

tatea, micşorînd-o în punctele de sus; am fi observat că greutatea noastră cînd devine mai mare, cînd cîntăreşte foarte puţin. Dar dacă nu se constată acest fenomen, atunci înseamnă că se roteşte camera şi nu noi.

ÎN SFERA „VRĂJITĂ"

Un antreprenor din America a amenajat pentru distracţia publicului un carusel nostim şi instructiv sub forma unei camere sferice rotitoare. În interiorul ei oamenii aveau senzaţii atît de neobişnuite, cum sînt posibile doar numai în vis sau într-o poveste fantastică.

Să ne amintim întîi ce simte un om care stă în picioare pe o platformă rotundă care se roteşte repede.

Mişcarea de rotaţie tinde să-l arunce în afară; cu cît mai departe de centru se află omul, cu atît mai mult se va pleca şi va fi împins spre exterior. Dacă va închide ochii, i se va părea că nu se află pe o podea orizontală, ci pe un plan înclinat pe care se menţine cu greu în echilibru. Veţi înţelege cu uşurinţă aceasta cînd vom examina ce forţe acţionează în această situaţie asupra corpului omului nostru (fig. 34). Mişcarea de rotaţie îi antrenează corpul spre exterior, greutatea îl trage în jos; ambele mişcări, adunîndu-se după regula paralelogramului, dau o acţiune rezultantă, care este înclinată în jos. Cu cît se roteşte mai repede platforma, cu atît această mişcare rezultantă este mai mare şi mai înclinată.

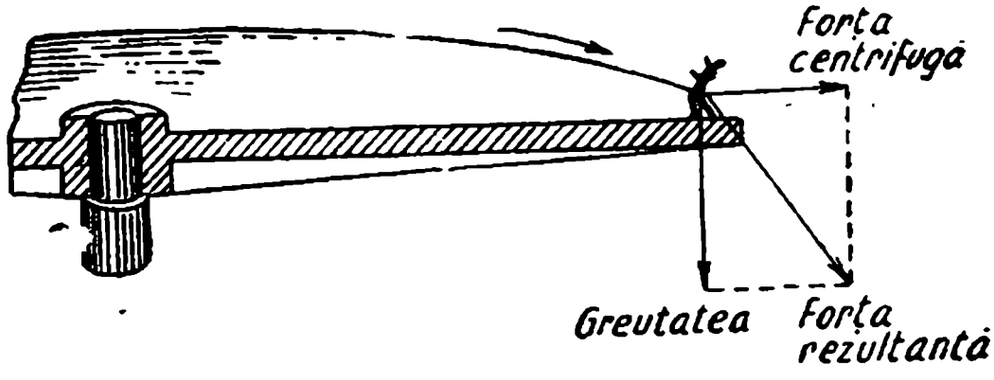


Fig. 34 — Ce simte omul stînd pe marginea unei platforme rotitoare.

Imaginaţi-vă acum că marginea platformei este ridicată şi că omul stă în picioare pe această margine înclinată (fig.35). Dacă platforma este nemişcată, atunci nu va reuşi să se menţină în această poziţie, ci va luneca jos sau chiar va cădea.

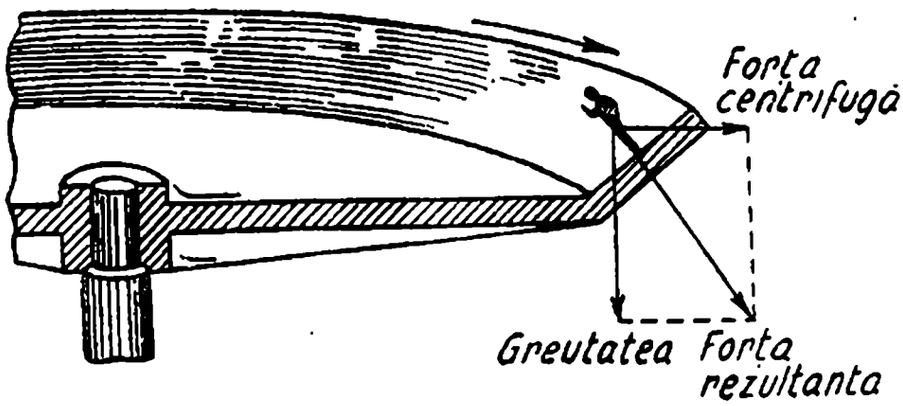


Fig. 35 — Omul are o poziţie stabilă pe marginea înclinată a platformei rotitoare.

Altfel stau lucrurile dacă platforma se roteşte; atunci, la o anumită viteză, acest plan devine pentru omul nostru ca o suprafaţă orizontală, deoarece rezultanta celor două mişcări care îl antrenează formează un unghi drept cu partea îndoită a platformei[1].

Dacă platforma rotitoare este realizată cu o astfel de curbură încît la o anumită viteză suprafaţa ei să fie în f i e c a r e punct perpendiculară pe rezultantă, atunci omul aflat pe ea se va simţi, în oricare din punctele ei, ca şi cum s-ar afla pe o suprafaţă orizontală. Prin calcule matematice s-a stabilit că o astfel de suprafaţă curbă este suprafaţa unui anumit corp geometric al p a r a b o l o i d u l u i. Ea se poate obţine rotind repede în jurul axei verticale un pahar pe jumătate umplut cu apă: atunci apa se ridică la margini şi coboară la mijloc, luînd forma unui paraboloid.

Dacă în locul apei se toarnă în pahar ceară topită şi rotaţia continuă pînă la răcirea cerii, atunci suprafaţa ei solidificată ne dă imaginea exactă a paraboloidului. La o anumită viteză de rotaţie, pentru corpurile grele o astfel de suprafaţă este ca şi una orizontală: o bilă aşezată în orice punct

[1] Prin aceasta se explică de fapt de ce, acolo unde calea ferată face o curbă, şina exterioară se aşază mai sus decît cea interioară, precum şi cauza din care pista pentru ciclişti şi motociclişti se face înclinată spre interior şi de ce acrobaţii profesionişti pot merge pe pereţii mult înclinaţi ai puţurilor circulare.

al ei nu se rostogolește în jos, ci rămîne la același nivel (fig. 36).

Acum va fi ușor de înțeles construcția sferei „vrăjite". Fundul ei (fig. 37) este format dintr-o platformă mare rotitoare, care are forma unui paraboloid. Deși, datorită unui mecanism ascuns sub platformă, mișcarea de rotație ce i se imprimă este foarte lină, totuși oamenii de pe platformă ar ameți dacă obiectele de pe ea nu s-ar deplasa o dată cu ei; pentru a nu-i da posibilitate observatorului de a constata mișcarea, platforma rotitoare se așază în interiorul unei sfere mari cu pereți opaci, care se rotește cu aceeași viteză ca și platforma.

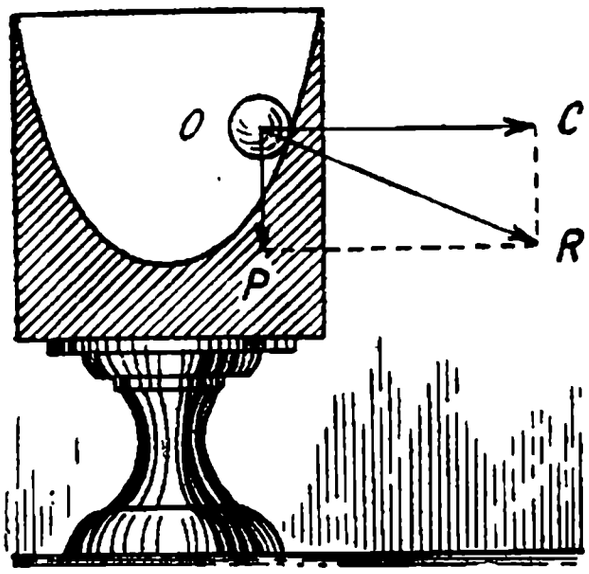


Fig. 36 — Dacă această cupă este rotită cu o viteză suficientă, atunci bila nu va cădea la fund.

Aceasta este construcția caruselului denumit sfera „vrăjită" (sau „fermecată"). Ce simte persoana instalată pe platforma din interiorul sferei? Cînd ea se rotește, atunci podeaua de sub picioarele sale este orizontală, oricare ar fi punctul de pe suprafața curbă a platformei în care s-ar afla persoana respectivă: lîngă ax, unde podeaua este într-adevăr orizontală, sau la margine, unde ea este înclinată cu 45°. Ochii văd clar curbura, dar senzațiile musculare îi indică faptul că se află pe o suprafață plană. Aceste două senzații sînt într-o puternică contradicție. Dacă va trece de la o margine a platformei la alta, atunci i se va părea că întreaga sferă imensă s-a răsturnat cu ușurința unui balon de săpun pe partea cealaltă sub influența greutății corpului său: aceasta pentru că în fiecare punct al platformei persoana se simte ca pe un plan orizontal. Iar poziția celorlalți oameni, care stau înclinat pe platformă, îi va apărea ca o poziție cu totul neobișnuită: i se va părea că oamenii umblă, ca muștele, pe pereți (fig. 38).

Apa vărsată pe podeaua sferei vrăjite s-ar răspîndi într-un strat subțire pe întreaga sa suprafață curbă. Oameni-

lor li s-ar părea că apa stă în faţa lor ca un perete înclinat.

Noţiunile obişnuite despre legile gravitaţiei sînt parcă desfiinţate în această sferă „fermecată“ şi sîntem transportaţi în lumea minunată a poveştilor...

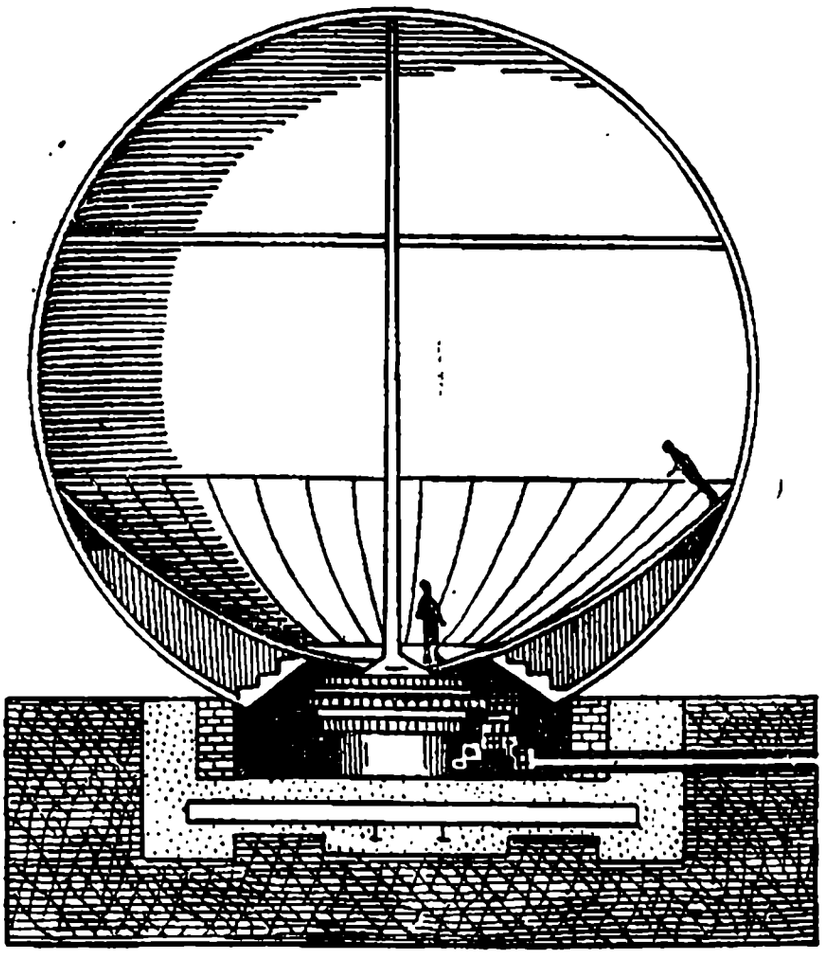


Fig. 37 — Sfera „vrăjită“ (în secţiune).

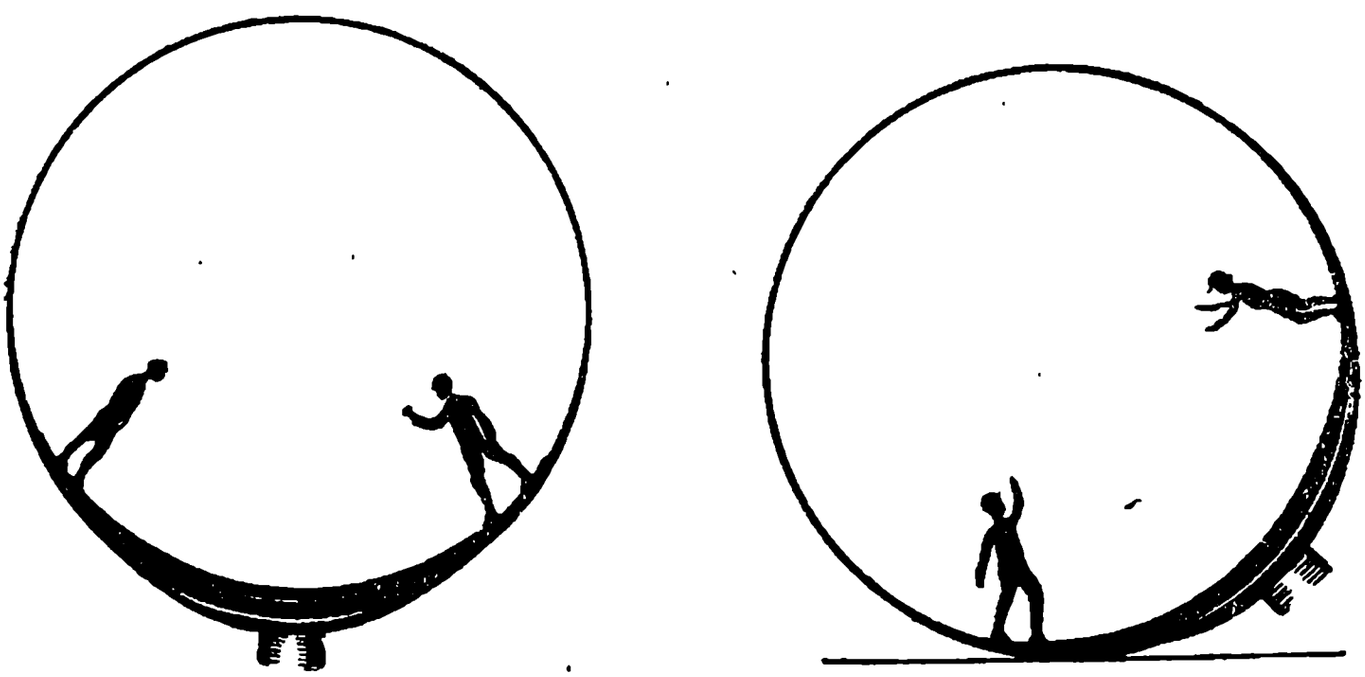


Fig. 38 — Care este poziţia reală a oamenilor în interiorul sferei „vrăjite“ (stînga) şi ce i se pare (dreapta) fiecăreia dintre cele două persoane.

Asemenea senzaţii are şi aviatorul cînd avionul său ia o curbă. Dacă zboară cu viteza de 200 km pe oră după o direcţie curbă cu raza de 500 m, atunci Pămîntul trebuie să i se pară[1] ridicat şi înclinat cu 16°.

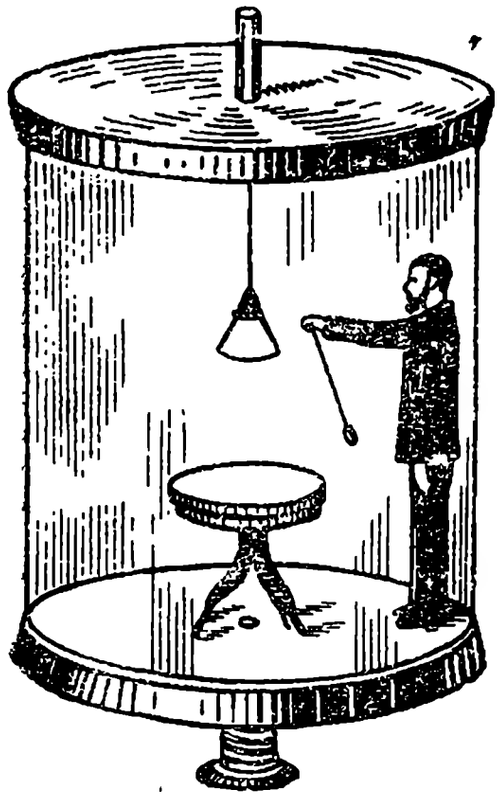


Fig. 39 — Laboratorul rotitor — poziţia reală.

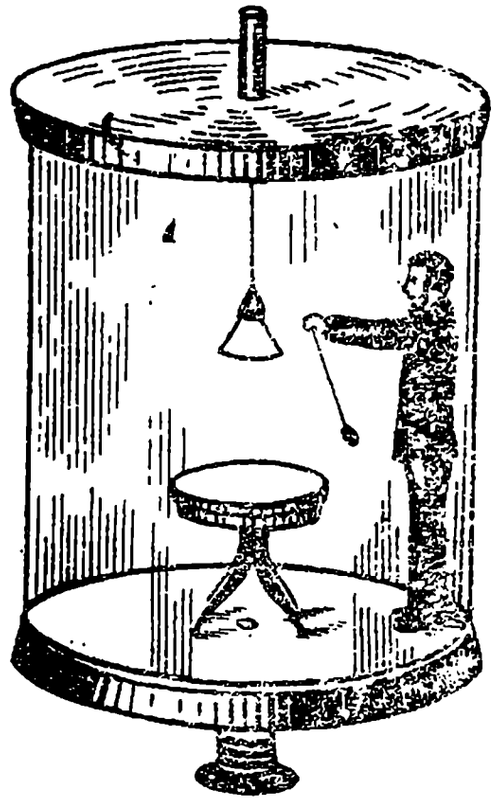


Fig. 40 — Poziţia aparentă a aceluiaşi laborator rotitor.

În Germania, în oraşul Göttingen, a fost construit un asemenea laborator rotitor pentru cercetări ştiinţifice. Laboratorul este conceput (fig. 39) ca o cameră cilindrică cu diametrul de 3 m, care se roteşte cu o viteză pînă la 30 de ture pe secundă. Deoarece podeaua camerei este plană, observatorului aflat lîngă pereţi în timpul rotaţiei i se pare că întreaga cameră s-a lăsat pe spate, iar el este culcat pe peretele oblic (fig. 40).

TELESCOPUL LICHID

Forma cea mai bună pentru oglinda unui telescop de reflexie este cea parabolică, adică tocmai forma pe care o ia de la sine suprafaţa lichidului dintr-un vas care se roteşte.

[1] Vezi *Mecanica distractivă*, cap 5.

Constructorii de telescoape depun multă muncă pentru realizarea unor oglinzi care să aibă această formă. Confecţionarea unei oglinzi de telescop durează ani întregi. Fizicianul american Wood a evitat aceste greutăţi, realizînd o o g l i n d ă

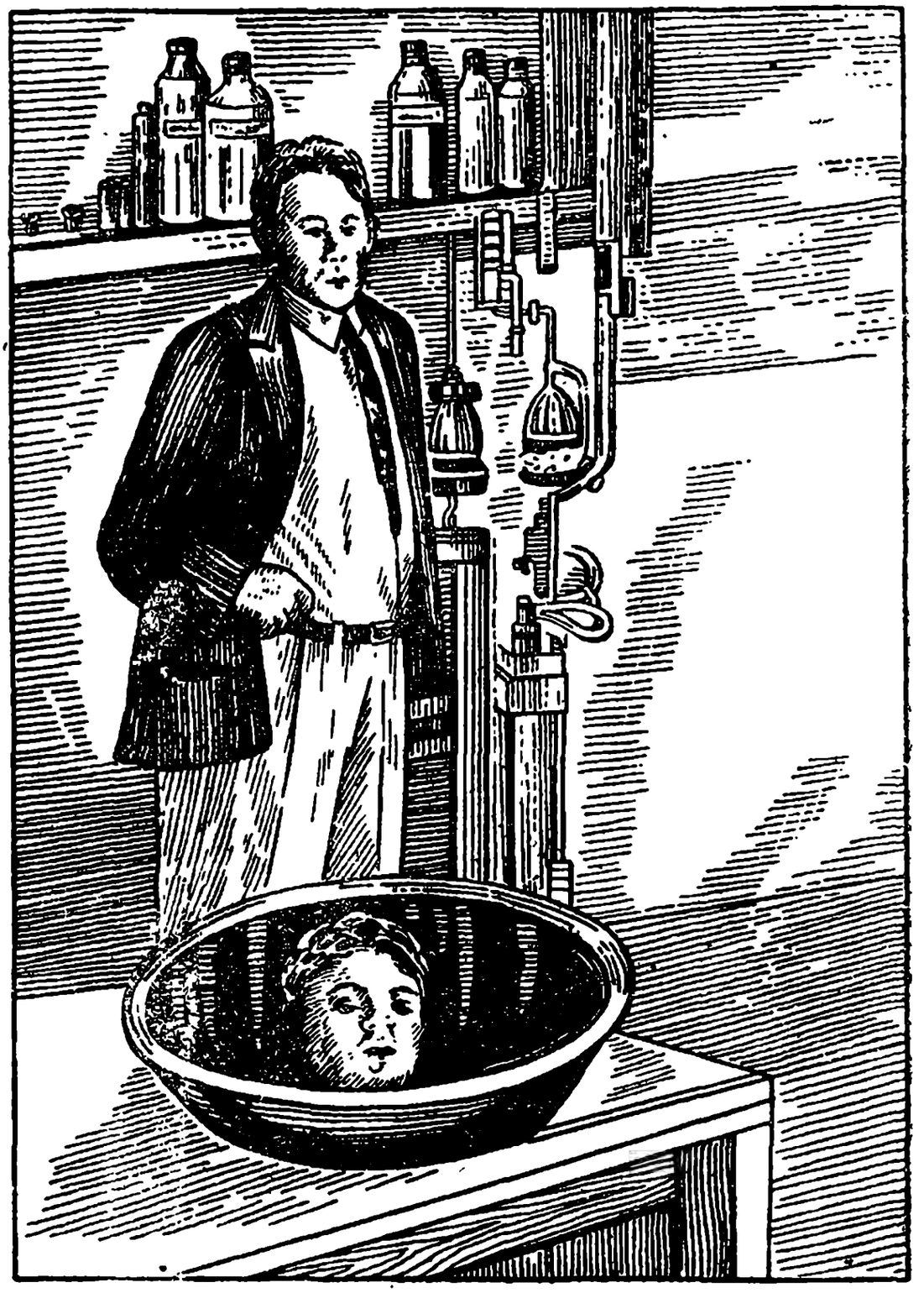


Fig. 41 — Oglinda de telescop lichidă.

l i c h i d ă : rotind mercur într-un vas larg, el a obţinut o suprafaţă parabolică ideală, care putea servi drept oglindă, deoarece mercurul reflectă bine razele de lumină. În figura 41 este reprezentat telescopul lui Wood (telescopul a fost insta-

lat într-o fîntînă nu prea adîncă). Se vede instalaţia de transmisie care pune în rotaţie vasul cu mercur şi imaginea feţei lui Wood. Defectul acestui telescop constă în faptul că la cel mai mic şoc suprafaţa oglinzii lichide se tulbură, deformînd imaginea. Cu toate că această idee era foarte atrăgătoare prin simplitatea ei, telescopul cu mercur al lui Wood nu şi-a găsit aplicare. Nici autorul însuşi şi nici fizicienii contemporani lui nu priveau cu seriozitate acest aparat original. Iată, de exemplu, ce a scris Webster, conducătorul secţiei de fizică a uneia dintre universităţile americane:

„Ding-dong răsună
El e-n fîntînă.
Ce-a luat Wood cu el?
O albie cu mercur.
Şi ce-a ieşit din asta?
N-a ieşit aproape nimic!“

„BUCLA DIAVOLULUI“

Poate cunoaşteţi trucul ameţitor cu bicicleta, executat uneori prin circuri: biciclistul pedalează pe o buclă de jos în sus şi descrie un cerc complet, cu toate că partea de sus a cercului o parcurge cu capul în jos. Pe arenă se instalează o pistă de lemn sub forma unei bucle cu una sau mai multe spire, aşa cum este reprezentat în figura 42. Acrobatul coboară cu bicicleta pe partea înclinată a buclei, se avîntă apoi în sus pe curbură, descrie un cerc complet, parcurgînd o parte din drum cu capul în jos şi coboară apoi cu bine pe pămînt[1].

Acest număr ameţitor le apare spectatorilor drept o culme a artei cicliste. Publicul uimit se întreabă cu nedumerire: ce forţă misterioasă îl menţine pe acest cutezător cu capul în jos? Cei mai bănuitori sînt gata să creadă că este vorba despre o înşelătorie abilă, în timp ce în realitate nu e nimic

[1] *Bucla diavolului* a fost descoperită în 1902 în acelaşi timp de doi artişti de circ: *Diavolo* (Johnson) şi *Mephisto* (Noisette) *(n.a.)*.

supranatural în acest truc. El se bazează în întregime pe legile mecanicii. O bilă de biliard lansată pe această pistă ar parcurge același drum cu același succes. În cabinetele școlare de fizică există *bucle ale diavolului* în miniatură.

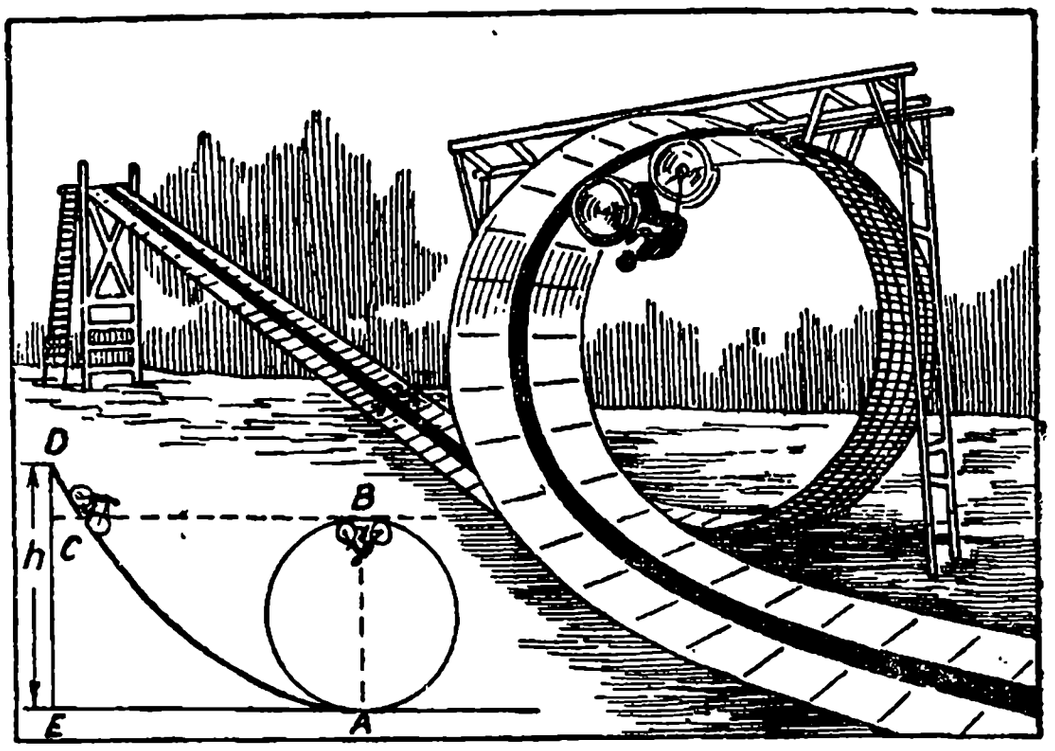


Fig. 42 — „Bucla diavolului". Stînga jos — schema pentru calcule

Cunoscutul executant și inventator al acestui truc, artistul *Mephisto*, folosea pentru încercarea rezistenței *buclei diavolului* o sferă grea a cărei greutate era egală cu cea a artistului împreună cu bicicleta lui. Această sferă era lansată pe pista buclei și, dacă o parcurgea cu bine, atunci artistul se hotăra s-o parcurgă și el.

Desigur că cititorul își dă seama de faptul că acest fenomen straniu are aceeași cauză ca și binecunoscuta experiență cu găleţica (pag. 55). Pentru a parcurge cu bine zona periculoasă din partea de sus a buclei, ciclistul trebuie să ia o viteză suficient de mare. Această viteză este determinată de înălțimea la care își începe mișcarea artistul, iar viteza minimă admisibilă depinde de raza buclei. De aici se înțelege că trucul nu reușește totdeauna; este necesar să se calculeze precis înălțimea de la care ciclistul trebuie să-și înceapă mișcarea: în caz contrar trucul se încheie cu un accident.

Știu că un șir de formule „neînsufleţite“ îi sperie pe unii amatori de fizică. Renunţînd însă la cunoașterea laturii matematice a fenomenelor, acești adversari ai matematicii se lipsesc de plăcerea de a prevedea din vreme desfășurarea evenimentelor și de a determina condiţiile lor. De exemplu, în cazul de față, două-trei formule ne vor ajuta să determinăm cu precizie în ce condiţii este posibilă efectuarea cu succes a unui truc atît de uimitor ca o cursă de-a lungul *buclei diavolului*.

Să trecem deci la calcule.

Notăm cu litere mărimile care vor intra în calcule: cu litera h notăm înălţimea de la care pornește ciclistul;

— cu litera x acea parte a înălţimii h care depășește punctul cel mai înalt al „buclei“; din figura 42 rezultă că $x = h - AB$;

— cu litera r raza cercului buclei;

— cu litera m masa totală a artistului împreună cu bicicleta; atunci greutatea lor va fi mg, unde cu litera g s-a notat accelerația forţei de gravitaţie terestre; după cum se știe, ea este egală cu 9,8 m pe secundă;

— cu litera v viteza bicicletei în momentul cînd ea atinge punctul cel mai înalt al cercului.

Toate aceste mărimi pot fi corelate folosind două ecuaţii. În primul rînd, știm din mecanică că viteza pe care o capătă bicicleta în momentul cînd, parcurgînd traseul înclinat, se află în C la nivelul punctului B (această poziţie este reprezentată în partea de jos a figurii 42), este egală cu viteza pe care o are ea în partea de sus a buclei, în punctul B. Prima viteză este dată de formula[1] $v = \sqrt{2gx}$ sau $v^2 = 2gx$. Prin urmare, și viteza v a ciclistului în punctul B este egală cu $\sqrt{2gx}$, adică $v^2 = 2gx$.

Mai departe, pentru ca ciclistul atingînd punctul cel mai de sus al traseului, să nu cadă, este necesar (vezi pag. 57)

[1] Aici neglijăm energia jantelor de la roţile bicicletei; influenţa acestei neglijări asupra rezultatului calculelor este mică.

ca acceleraţia centripetă care se dezvoltă să fie mai mare decît acceleraţia gravitaţiei, adică trebuie ca $\frac{v^2}{r} > g$ sau $v^2 > gr$. Dar noi ştim deja că $v^2 = 2gx$; prin urmare, $2gx > gr$ sau $x > \frac{r}{2}$.

Am aflat deci că pentru succesul acestui număr este necesar ca *bucla diavolului* să fie astfel amenajată, încît înălţimea părţii înclinate a drumului să depăşească punctul cel mai înalt al buclei cu peste 1/2 din raza ei. Panta acestui drum nu contează; este necesar doar ca punctul din care începe să coboare ciclistul să se înalţe deasupra vîrfului buclei cu peste 1/4 din diametrul ei. La aceste calcule nu s-a ţinut seama de influenţa forţei de frecare din bicicletă: se consideră că viteza în punctul *C* este egală cu cea din punctul *B*. De aceea drumul nu trebuie lungit prea mult şi panta nu trebuie să fie prea lină. În cazul pantei de coborîre line, datorită forţei de frecare a bicicletei, viteza acesteia în punctul *B* va fi mai mică decît în *C*. Dacă, de exemplu, bucla are un diametru de 16 m, atunci acrobatul trebuie să coboare de la o înălţime de cel puţin 20 m. Dacă această condiţie nu este îndeplinită, atunci nici un fel de artă nu-l va ajuta să parcurgă *bucla diavolului*: el va cădea fără a mai atinge punctul superior al buclei.

Trebuie să menţionăm că la efectuarea acestui număr ciclistul merge fără lanţ, lăsîndu-şi maşina sub influenţa forţei de gravitaţie: el nu poate şi nici nu trebuie să încetinească sau să-şi accelereze mişcarea. Întreaga lui artă constă în aceea de a căuta să se găsească mereu pe mijlocul pistei sale de scînduri; la orice deviere, el riscă să se depărteze de acest mijloc şi să fie aruncat într-o parte. Viteza de mişcare pe cerc este mare: în cazul unui cerc cu diametrul de 16 m, ciclistul parcurge o spiră în 3 secunde. Aceasta corespunde unei viteze de 60 km pe oră! Conducerea bicicletei la o astfel de viteză cere desigur multă abilitate; dar nici nu este necesar acest lucru: ne putem baza cu curaj pe legile mecanicii. „Trucul cu bicicleta în sine — citim într-o broşură alcătuită de un profesionist — nu este periculos dacă calculele au fost bine făcute şi dacă rezistenţa instalaţiei este suficientă. Pericolul trucului stă în artist însuşi. Dacă mîna lui va tresări, dacă el va fi emoţionat, îşi va pierde

stăpînirea de sine, dacă i se face rău pe neașteptate, atunci se poate aștepta la orice".

Pe aceeași lege se bazează binecunoscutul *nod mort* și alte figuri ale pilotajului de înaltă școală. În *nodul mort* rolul principal îl are „avîntul" luat de pilot pe curbă și conducerea iscusită a avionului.

LIPSA LA CÎNTAR

Un glumeț oarecare a declarat odată că el cunoaște o metodă de a da lipsă la cîntar fără nici o înșelăciune. Secretul constă în a cumpăra mărfurile în țările ecuatoriale și a le vinde în regiunea polară. Se știe de mult că în apropierea ecuatorului obiectele au o greutate mai mică decît în apropierea polilor; 1 kg transportat de la ecuator la pol crește în greutate cu 5 g. Dar trebuie folosită în locul balanței obișnuite una cu arc și, pe lîngă aceasta, construită (gradată) la ecuator; în caz contrar nu se va obține nici un avantaj: marfa devine mai grea, dar cu tot atît crește și greutatea unităților de măsură folosite.

Nu cred că un astfel de comerț poate îmbogăți pe cineva, dar, în esență, glumețul are dreptate: forța de gravitație crește într-adevăr o dată cu depărtarea de ecuator. Aceasta pentru că la ecuator corpurile descriu, o dată cu rotația Pămîntului, cercurile cele mai mari, precum și pentru că globul pămîntesc este parcă umflat la ecuator.

Partea cea mai mare a lipsei la cîntar se datorește rotației Pămîntului; ea reduce greutatea corpului în apropierea ecuatorului cu 1/290 față de greutatea aceluiași corp la poli.

Diferența de greutate la transportul corpului de la o latitudine la alta este neglijabilă pentru corpurile ușoare. Dar pentru obiectele grele ea poate atinge o valoare destul de mare. De exemplu, dumneavoastră nici nu bănuiți că locomotiva care la Moscova avea 60 de tone, devine, odată sosită la Arhanghelsk, cu 60 kg mai grea, iar la Odesa tot cu atîtea mai ușoară. La timpul său, de pe insula Spitzberg se exportau spre porturile mai sudice pînă la 300 000 tone de

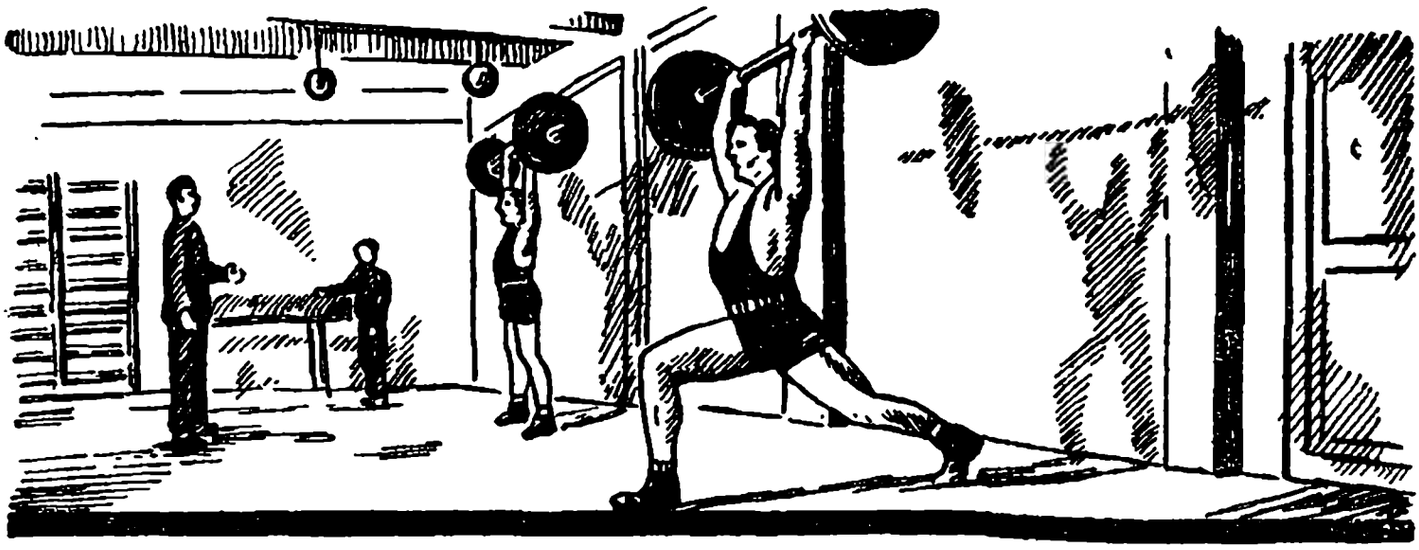
cărbune. Dacă această cantitate ar fi fost transportată într-un oarecare port ecuatorial, acolo s-ar fi descoperit o lipsă de 1 200 tone de dacă marfa ar fi fost cîntărită cu o balanță cu arc confecționată la Spitzberg. Nava de linie care a avut la Arhanghelsk 20 000 de tone devine în apele ecuatoriale mai ușoară cu vreo 20 de tone, dar aceasta rămîne neobservată, pentru că devin, respectiv, mai ușoare și toate celelalte corpuri, fără a excepta, desigur, chiar apa oceanului[1].

Dacă globul pămîntesc s-ar roti în jurul axei sale mai repede decît acum, de exemplu dacă ziua nu ar dura 24 de ore, ci, să zicem, 4 ore, atunci diferența dintre greutatea corpurilor la ecuator și la poli ar fi mult mai mare. Dacă ziua și noaptea ar dura 4 ore, atunci, de exemplu, un corp care la poli cîntărește 1 kg la ecuator nu ar cîntări decît 875 g. Aproximativ acestea sînt condițiile gravitației pe Saturn: în apropierea polilor acestei planete, toate corpurile sînt cu 1/6 mai grele decît la ecuator.

Deoarece accelerația centripetă crește proporțional cu pătratul vitezei, nu este greu de calculat la ce viteză de rotație ea trebuie să devină la ecuatorul terestru de 290 de ori mai mare, adică egală cu forța de gravitație. Aceasta va avea loc la o viteză de 17 ori mai mare decît cea actuală (17 × 17 = = aproape 290). În această situație, corpurile vor înceta să mai exercite presiune pe suporturile lor. Cu alte cuvinte, dacă Pămîntul s-ar roti de 17 ori mai repede, la ecuator obiectele n u a r a v e a n i c i o g r e u t a t e! Pe Saturn aceasta s-ar întîmpla la o viteză de rotație de două ori și jumătate mai mare decît cea actuală.

---

[1] De altfel, de aceea în apele ecuatoriale nava se cufundă tot atît de mult ca și în cele polare; deși ea devine mai ușoară, tot cu atît mai ușoară devine și apa dislocată de ea *(n.a.)*.



Capitolul 4

ATRACȚIA UNIVERSALĂ

ESTE MARE FORȚA DE ATRACȚIE?

„Dacă nu am observa în fiecare minut căderea corpurilor, ea ar fi pentru noi fenomenul cel mai uimitor", scria cunoscutul astronom francez Arago. Obișnuința face ca atracția tuturor obiectelor de pe pămînt de către Pămînt să ni se pară un fenomen firesc și obișnuit. Dar cînd ni se spune că obiectele se atrag reciproc u n e l e p e c e l e l a l t e, nu sîntem dispuși să credem acest lucru, pentru că în viață cotidiană nu observăm nimic asemănător.

Într-adevăr, de ce legea atracției universale nu se manifestă în permanență în jurul nostru în ambianța obișnuită? De ce nu vedem cum se atrag între ele mesele, pepenii, oamenii? Deoarece pentru obiectele mici forța de atracție este foarte mică. Voi da un exemplu. Doi oameni aflați la o distanță de 2 metri unul de altul se atrag reciproc, dar forța acestei atracții este foarte mică: pentru oamenii cu greutate mijlocie, cu mai puțin de 1/100 de miligrame. Aceasta înseamnă că doi oameni se atrag reciproc cu aceeași forță cu care un corp de 1/100 000 de grame apasă pe talerul balan-

ţei; numai o balanţă extrem de sensibilă, folosită în laboratoare ştiinţifice, poate marca o greutate atît de mică. Este firesc că o astfel de forţă să nu ne poată urni din loc, acest lucru este împiedicat de frecarea tălpilor noastre de podea. De exemplu, pentru a ne mişca pe o podea de scînduri (forţa de frecare a tălpilor de podea este egală cu 30% din greutatea corpului) este necesară o forţă de cel puţin 20 kg. Este ridicol chiar să comparăm această forţă cu forţa neînsemnată a atracţiei: o sutime de miligram. Miligramul este a mia parte dintr-un gram, iar gramul este a mia parte dintr-un kilogram; prin urmare 0,01 mg constituie o jumătate dintr-o miliardime din forţa necesară pentru a ne deplasa din loc! Este deci de mirare că în condiţiile obişnuite nu observăm nici o manifestare a atracţiei reciproce a corpurilor terestre?

Altfel ar sta lucrurile dacă nu ar exista frecarea; atunci nimic n-ar opri ca cea mai slabă atracţie să provoace apropierea corpurilor. Dar la o forţă de 0,01 mg r a p i d i t a t e a acestei apropieri între oameni trebuie să fie neglijabilă. Se poate calcula că, în lipsa frecării, doi oameni aflaţi la distanţa de 2 m unul de altul, s-ar fi apropiat în decursul primei ore cu 3 cm, în decursul celei de-a doua ore ei s-ar apropia cu încă 9 cm, în decursul celei de-a treia ore încă cu 15 cm. Mişcarea s-ar accelera mereu, însă cei doi oameni nu s-ar apropia complet decît după cel puţin 5 ore.

Atracţia corpurilor terestre poate fi constatată în cazurile cînd forţa de frecare nu serveşte drept obstacol, adică în cazul corpurilor nemişcate. O greutate suspendată de un fir se află sub acţiunea forţei de atracţie terestră şi de aceea firul are direcţie verticală; dar dacă în apropierea greutăţii se află un oarecare corp masiv, care atrage greutatea, atunci firul deviază puţin de la poziţia verticală şi capătă direcţia rezultantei dintre forţa de atracţie terestră şi forţa de atracţie a celuilalt corp faţă de cel foarte slab. O astfel de deviere a verticalei în apropierea unui munte mare a fost observată pentru prima dată în 1775 de către Maskelyne în Scoţia; el a comparat direcţia verticală dusă din polul cerului înstelat de ambele părţi ale aceluiaşi munte. Ulterior experienţe mai perfecţionate privind atracţia corpurilor terestre şi realizate cu ajutorul unei balanţe de construcţie specială au permis să se măsoare cu precizie forţa de atracţie.

Forța de atracție între mase mici este neglijabilă. O dată cu creșterea maselor, ea crește proporțional cu produsul acestora. Dar mulți sînt înclinați să supraaprecieze această forță. Un savant — este drept, nu un fizician, ci un zoolog

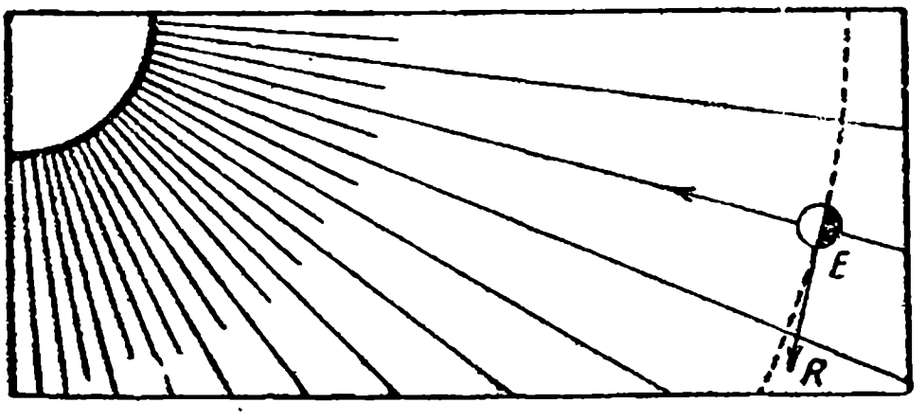


Fig. 43 — Atracția exercitată de Soare face să devieze traiectoria Pămîntului. Datorită inerției, globul pămîntesc tinde să se deplaseze pe tangenta *ER*.

— a căutat să mă convingă că atracția reciprocă observată adesea între navele maritime este provocată de forța atracției universale. Nu este greu să demonstrăm prin calcule că aici atracția universală nu are nici un amestec: două nave de linie de 25 000 tone fiecare exercită, la distanță de 100 m între ele, o forță de atracție de numai 400 g. Bineînțeles că această forță este insuficientă pentru a le comunica navelor în apă o mișcare cît de mică. Adevărata cauză a atracției misterioase a navelor o vom explica în capitolul despre proprietățile fluidelor.

Forța de atracție, neglijabilă pentru masele mici, devine apreciabilă cînd este vorba de uriașele corpuri astrale. Astfel, chiar și Neptun — o planetă foarte îndepărtată de Pămînt, care se rotește încet aproape la periferia sistemului solar — ne trimite „salutul" său printr-o atracție cu o forță de de 18 000 000 de tone, exercitată asupra Pămîntului! Cu toate că de Soare ne desparte o distanță imensă, Pămîntul rămîne pe orbita sa numai datorită forței de atracție. Dacă forța de atracție solară ar dispărea dintr-o cauză oarecare, atunci Pămîntul ar zbura de-a lungul unei linii tangente la orbita lui și s-ar pierde pentru totdeauna în profunzimea infinită a spațiului cosmic.

UN CABLU DE OȚEL DE LA PĂMÎNT PÎNĂ LA SOARE

Imaginați-vă că puternica atracție solară a dispărut într-adevăr și Pămîntul este amenințat să-și ia pentru totdeauna zborul spre deșerturile reci și temerare ale universului. Vă puteți imagina de asemenea — aici este nevoie de o fantezie bogată — că inginerii s-au hotărît să înlocuiască lanțurile invizibile ale forței de atracție cu niște legături materiale, adică s-au hotărît pur și simplu să lege Pămîntul de Soare cu ajutorul unor cabluri de oțel solide care să mențină globul pămîntesc pe orbita lui în goana necontenită în jurul Soarelui. Ce poate fi mai indicat decît oțelul, care rezistă la o forță de tracțiune de 100 kg pe fiecare milimetru pătrat? Imaginați-vă un cablu de oțel cu diametrul secțiunii de 5 m. Suprafața acestei secțiuni este de aproape 20 000 000 mm²; prin urmare, un astfel de cablu se rupe doar la o solicitare de 2 000 000 de tone. Mai imaginați-vă că acest cablu se înalță de la Pămînt pînă la Soare, legînd între ei cei doi aștri. Știți dumneavoastră cîte cabluri de acest fel ar fi necesare pentru a menține Pămîntul pe orbita lui? Un milion de milioane! Pentru a ne imagina mai bine această pădure de cabluri de oțel care ar împînzi toate continentele și oceanele, mai adaug că, în cazul distribuției lor uniforme pe întreaga jumătate a globului îndreptată spre Soare, intervalul dintre două cabluri ar depăși doar cu puțin diametrul cablurilor înseși. Imaginați-vă acum forța necesară pentru a rupe această pădure imensă de cabluri de oțel și vă veți forma o idee despre imensitatea forței invizibile de atracție dintre Pămînt și Soare.

Iar întreaga forță uriașă despre care am vorbit mai sus se manifestă doar prin curbarea traiectoriei pe care se deplasează Pămîntul, forțîndu-l pe acesta să devieze de la tangentă în fiecare secundă cu 3 mm; tocmai din această cauză drumul planetei noastre se transformă într-un drum închis, elipsoidal. Nu este oare straniu? Pentru a devia drumul Pămîntului în fiecare secundă cu 3 mm, adică cu înălțimea aces-

tui rînd, este necesară o forță atît de uriașă! Aceasta arată doar cît de mare este m a s a globului pămîntesc dacă chiar și o forță atît de mare nu-i poate comunica decît o deplasare atît de mică.

NE PUTEM FERI DE GRAVITAȚIE?

Adineauri ne-am lăsat fantezia să plăsmuiască imaginea unui Pămînt care și-a pierdul legătura cu Soarele: eliberîndu-se de lanțurile invizibile ale forței de atracție, Pămîntul s-ar fi cufundat în oceanul infinit al universului. Să ne lăsăm acum fantezia să zboare pe un alt făgaș: ce s-ar întîmpla cu toate obiectele de pe Pămînt dacă n-ar mai exista gravitația? În acest caz, nimic nu le-ar lega de planeta noastră și, la cel mai mic șoc, ele și-ar lua zborul plecînd în spațiul interplanetar. De altfel n-ar fi nevoie de nici un șoc; însăși mișcarea planetei noastre ar arunca în spațiu tot ce nu este trainic legat de suprafața ei.

Scriitorul englez H. Wells a folosit o astfel de idee pentru a descrie într-un roman o călătorie fantastică pe Lună. În această carte (*Primii oameni în Lună*), spiritualul romancier a imaginat o metodă foarte originală de a călători de pe o planetă pe alta, și anume: un savant, eroul romanului său, a inventat o substanță specială care are proprietatea neobișnuită de a fi impermeabilă față de forța gravitației. Dacă un strat din această substanță se așterne sub un corp oarecare, acesta este eliberat de atracția Pămîntului și suferă atracția celorlalte corpuri. Wells a denumit această substanță fantastică „cavorit", după numele inventatorului ei, Cavor.

„Toate substanțele cunoscute — scrie romancierul — sînt însă « transparente» pentru gravitație. Se pot folosi diferite paravane pentru a întrerupe lumina, căldura, influența electrică a Soarelui sau căldura Pămîntului; obiectele pot fi izolate prin foi de metal de acțiunea razelor lui Marconi, dar nimic nu va putea intercepta forța de gravitație a Soarelui sau a Pămîntului. Și totuși fenomenul nu poate fi expli-

cat cu ușurință. Cavor credea că poate exista o asemenea substanță, și bineînțeles că eu nu puteam să-l contrazic"[1].

„Utilizările practice ale invenției lui Cavor păreau nelimitate; în orice direcție încercam s-o aplic, provoca adevărate revoluții. Dacă, de exemplu, cineva dorea să ridice o greutate oricît de mare, nu avea decît să-i așeze dedesubt o foaie din această substanță și ar fi ridicat-o după aceea cu un simplu pai"[2].

Posedînd o astfel de substanță minunată, eroii romanului construiesc o navă astrală care le servește pentru efectuarea călătoriei lor în Lună. Construcția proiectilului este foarte simplă: în el nu există nici un mecanism motor, pentru că el se deplasează sub acțiunea forței de atracție a aștrilor.

Iată descrierea acestui proiectil fantastic.

„Imaginați-vă o sferă suficient de mare pentru a cuprinde doi oameni și bagajul lor. O sferă construită din oțel căptușită cu sticlă groasă, conținînd o rezervă de aer solidificat, hrană concentrată, apă, un aparat de distilat și tot ce-ar mai fi nevoie, și smălțuită, ca să spun așa, pe partea exterioară cu...

— Cavorită?

— Da.

... Sfera interioară, de sticlă, din care aerul nu poate ieși, va fi continuă, cu excepția deschizăturii de la intrare; sfera de oțel însă poate fi alcătuită din secțiuni, fiecare putînd să se strîngă ca o jaluzea. Ele pot fi lesne acționate din niște arcuri, deschise și închise prin curentul electric transmis prin niște fire de platină implantate în sticlă. Toate acestea sînt simple probleme de amănunt. Vezi deci că, în afară de grosimea rulourilor, exteriorul de cavorită al sferei va fi împărțit în ferestre sau obloane, cum vrei să le numești; ei bine, cînd toate ferestrele sau obloanele vor fi închise, nici lumina, nici căldura, nici gravitația, nici un fel de energie radiantă nu va intra în interiorul sferei; după cum spuneai, ea va zbura prin spațiu în linie dreaptă. Dar deschide o fereastră ... închipuie-ți că una din ferestre este deschisă! Atunci orice corp greu s-ar întîmpla să fie în direcția sferei o va atrage"[3].

---

[1] H. Wells, *Omul invizibil. Primii oameni în Lună*, București, Edit. pentru literatură, 1966, p. 215 *(n. t.)*.

[2] *Ibidem*, p. 217 *(n. t.)*.

[3] *Ibidem* p. 231—232 *(n. t.)*.

Interesantă este în roman descrierea momentului în care proiectilul interplanetar își ia zborul. Un strat subțire de „*c a v o r i t ă*", care acoperă suprafața lui exterioară, îl face să devină complet imponderabil. Vă veți da seama că un corp imponderabil nu poate rămîne nemișcat pe fundul oceanului aerian; trebuie să i se întîmple același lucru care i s-ar întîmpla unui dop cufundat într-un lac: dopul s-ar ridica imediat la suprafața apei. Tot astfel, proiectilul imponderabil — aruncat de altfel și de inerția rotației globului pămîntesc — trebuie să se înalțe rapid și, atingînd limita superioară a atmosferei, își continuă liber drumul în spațiul cosmic. Astfel și-au luat zborul eroii romanului. Ajungînd în spațiul cosmic și deschizînd sau închizînd anumite supape, supunînd proiectilul cînd atracției solare, cînd celei terestre, cînd celei lunare, ei au reușit să aselenizeze. Mai tîrziu, unul dintre călători s-a înapoiat pe Pămînt cu ajutorul aceluiași proiectil.

Nu ne vom opri aici asupra analizei ideii lui Wells în esența ei (lucrul acesta l-am făcut în altă parte[1], unde am arătat inconsistența ei). Dar să-l credem o clipă pe romancierul inventiv și să-i urmăm pe eroi în Lună.

O JUMĂTATE DE ORĂ ÎN LUNĂ

Să vedem cum se simțeau eroii lui Wells cînd s-au trezit într-o lume unde forța de gravitație este mai slabă, mai mică decît pe Pămînt.

Iată aceste pagini [2] interesante din romanul *Primii oameni în Lună*. Povestirea se face la persoana întîi, în numele unuia dintre pămîntenii sosiți în acea clipă pe Lună.

---

[1] *Călătorii interplanetare.*

[2] Fragmentul este citat cu prescurtări neesențiale.

„Am îngenuncheat și apoi m-am așezat pe marginea deschizăturii, privind afară. Dedesubt, la un metru în fața mea, strălucea zăpada lunară, neatinsă de nici un picior.

Am tăcut un răstimp, privindu-ne.

— Nu te dor plămînii? zise Cavor.

— Nu, i-am răspuns, e suportabil.

A luat pătura, și-a trecut capul prin gaura din mijloc, înfășurîndu-și-o bine în jurul corpului. S-a așezat pe marginea deschizăturii, și-a lăsat picioarele să atîrne, pînă cînd au ajuns la cîțiva centimetri de zăpada lunară. A stat o clipă în cumpănă, apoi și-a dat drumul de la această distanță pe solul neumblat al Lunii. A făcut cîțiva pași, și imaginea lui, văzută prin sticla sferei, era de-a dreptul grotescă. S-a oprit o clipă, privind în jur. Apoi și-a luat avînt și a sărit.

Sticla deforma totul, dar mi s-a părut că, oricum, saltul era extrem de mare. Dintr-o singură săritură se îndepărtase cu douăzeci sau treizeci de picioare. Ajunsese undeva sus, pe o masă stîncoasă, și gesticula către mine. Poate că striga, dar nu auzeam nimic. Cum naiba făcuse acest salt? Parcă fusesem martorul unei scamatorii.

Încă nedumerit, am trecut și eu prin deschizătură, apoi m-am ridicat în picioare. Chiar în fața mea zăpada se topise și se formase un fel de șanț. Am făcut un pas și mi-am luat vînt.

M-am trezit zburînd prin aer, am văzut că stînca pe care ședea Cavor îmi venea în întîmpinare; m-am apucat de muchiile stîncii și am rămas așa, complet buimăcit. Fără să vreau, am scos un hohot penibil de rîs. Eram teribil de zăpăcit. Cavor s-a aplecat, strigîndu-mi cu un glas șuierat să fiu atent. Uitasem că pe Lună, care are a opta parte din masă și un sfert din diametrul Pămîntului, greutatea mea se redusese la a șasea parte. Acum fusesem obligat să-mi amintesc.

—Sîntem eliberați din lanțurile mamei noastre, Pămîntul, zise Cavor.

Calculîndu-mi efortul, m-am cățărat pînă în vîrful stîncii și mișcîndu-mă la fel de atent ca un reumatic, am ajuns lîngă Cavor sub lumina puternică a Soarelui. Sfera rămăsese în urma noastră, la treizeci de picioare depărtare, pe grămada de zăpadă, care se micșora mereu ...

— Privește! am strigat, întorcîndu-mă. Dar Cavor dispăruse. O clipă am rămas stupefiat. Apoi am făcut un pas

grăbit, să privesc peste marginea stîncii. Dar, surprins de această dispariție, am uitat încă o dată că eram pe Lună. Mișcarea m-ar fi făcut să înaintez pe Pămînt cam cu un metru; pe Lună m-a dus la șase metri — cu cinci metri mai departe de marginea stîncii. În primul moment mi s-a părut că trăiesc senzația acelor coșmaruri cînd te prăbușești la nesfîrșit. Căci, dacă pe Pămînt cazi în prima secundă șaisprezece metri, pe Lună cazi doar doi și numai cu a șasea parte din greutate. Cred că am căzut sau mai curînd am sărit în jos vreo zece metri. A durat mult, poate cinci sau șase secunde. Am plutit prin aer și am căzut ca o pană, cufundîndu-mă pînă la genunchi într-o grămadă de zăpadă, lîngă un perete de stîncă albastră-cenușie cu vine albe. Am privit în jur.

— Cavor! am strigat, dar nu se vedea nici urmă de Cavor. Cavor! am strigat eu mai tare, dar mi-a răspuns numai ecoul. M-am întors furios și m-am cățărat pînă în vîrful stîncii. Cavor! strigam eu într-una; strigam cu glasul unui miel rătăcit.

Nu se mai zărea nici sfera, și pentru o clipă o senzație insuportabilă de dezolare mi-a strîns inima. Apoi l-am văzut. Rîdea și gesticula ca să-mi atragă atenția. Era pe o stîncă lucie la douăzeci sau treizeci de metri depărtare. Nu puteam să-i aud glasul, dar gesturile lui mă îndemnau să sar. Am ezitat, deoarece distanța mi se părea enormă. Apoi m-am gîndit că eram în stare să sar mai mult decît Cavor.

M-am dat cu un pas înapoi, mi-am făcut vînt și am sărit cu toată puterea. Mi s-a părut că zbor prin aer și că nu voi mai coborî niciodată.

Zborul era halucinant și în același timp plăcut, tot atît de ciudat ca într-un coșmar. Mi-am dat seama că sărisem cu prea mult avînt. Am trecut pe deasupra lui Cavor... "[1].

ÎN LUNĂ

Episodul de mai jos, luat din povestirea *În Lună* a cunoscutului povestitor sovietic K.E. Țiolkovski, ne va ajuta să înțelegem condițiile de mișcare sub acțiunea forței gravita-

[1] *Idem*, p. 268—272 *(n. t.)*.

ţiei. Pe Pămînt, atmosfera, frînînd mişcarea corpurilor prin ea, ne împiedică să ne dăm seama limpede despre legile simple ale căderii, complicîndu-le cu condiţii suplimentare. Luna nu are de loc atmosferă. Ea ar fi un minunat laborator pentru studiul căderii corpurilor dacă ne-am putea instala acolo pentru cercetări ştiinţifice.

Referindu-ne la episodul în cauză, vom explica mai întîi că cele două personaje din fragmentul de mai jos se află în Lună şi că vor să studieze zborul unui glonţ ieşit din ţeava unei arme.

„— Dar praful de puşcă va produce explozie?

În vid substanţele explozive au un efect şi mai mare decît în aer, care opune rezistenţă la dilatarea lor; în ceea ce priveşte oxigenul, explozivele nu au nevoie de el, pentru că îl cuprind în ele însele în cantitatea necesară.

— Să aşezăm puşca vertical pentru a putea găsi glonţul prin apropiere ....

O detunătură slabă[1], o uşoară zguduitură a solului.

— Dar cartuşul unde e? El trebuie să se afle prin apropiere.

— A zburat împreună cu glonţul şi nu cred că va rămîne în urma lui, pentru că pe Pămînt numai atmosfera îl împiedică să urmeze glonţul; aici însă, chiar şi un fulg cade şi se înalţă cu aceeaşi iuţeală ca şi piatra. Ia tu un fulg din pernă, iar eu voi lua o bilă din fontă. Poţi lansa fulgul tău şi poţi lovi cu el ţinta aleasă tot atît de bine ca mine, cu toate că eu mă folosesc de o bilă metalică. Dacă bila mea nu este grea, o pot arunca la o distanţă de 400 de metri; tu îţi poţi arunca pana la aceeaşi distanţă. Ce e drept, nu vei putea ucide pe nimeni cu ea şi nici nu vei simţi că arunci ceva. Hai să facem încercarea: ne lansăm proiectilele cu toată forţa de care dispunem, alegînd aceeaşi ţintă ... De exemplu, granitul acela roşu ...

Pana i-o luă puţin înainte bilei de fontă, purtată parcă de un vînt puternic.

— Dar ce-i asta? Au trecut trei minute de cînd am tras cu puşca şi glontele nu-i!

— Cred că peste vreo două minute va reveni.

---

[1] Sunetul transmis prin sol şi corpuri omeneşti, şi nu prin aerul care lipseşte în Lună.

Într-adevăr, după scurgerea acestui interval de timp am simţit o uşoară trepidare a solului şi am zărit în apropiere cartuşul care sărea ca o minge.

— Ce mult timp a zburat glonţul ! La ce înălţime a zburat oare?

— La vreo şaptezeci de kilometri. Este înălţimea atinsă de un obiect uşor în lipsa rezistenţei aerului".

Să verificăm. Dacă luăm pentru viteza glonţului în momentul lansării din ţeava armei cifra relativ modestă de 500 m/s (în cazul armelor moderne, această cifră este de o dată şi jumătate ori mai mică decît cea reală), atunci înălţimea de înălţare pe Pămînt în lipsa atmosferei ar fi

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{500^2}{2 \times 10} = 12\,500 \text{ m},$$

adică 12 km şi jumătate. În Lună însă, unde intensitatea atracţiei este de şase ori mai mică, în loc de g trebuie să se ia 10/6; înălţimea atinsă de glonţ trebuie să fie:

$$12\,500 \times 6 = 75 \text{ km}.$$

ÎNTR-UN PUŢ FĂRĂ FUND

Deocamdată se ştie prea puţin despre ceea ce se petrece în profunzimile planetei noastre. Unii presupun că sub crusta tare, la o grosime de o sută kilometri, se află o masă lichidă incandescentă; alţii consideră că întregul glob pămîntesc este solidificat pînă în centru. Această problemă este greu de rezolvat. Dacă s-ar putea face un puţ care să străbată Pămîntul de la un capăt la celălalt de-a lungul diametrului său, atunci aceste probleme s-ar rezolva. Tehnica modernă este însă departe de posibilitatea de a realiza astfel de performanţe, deşi toate puţurile de foraj săpate în scoarţa Pămîntului, puse cap la cap ar depăşi diametrul planetei noastre.

Încă în secolul al XVIII-lea, matematicianul Maupertuis şi filozoful Voltaire visau la realizarea unui tunel prin globul pămîntesc. Spre acelaşi proiect, ce este drept la o scară mai

redusă, s-a îndreptat și astronomul francez Flammarion; reproducem aici un desen luat din articolul său consacrat acestei teme (fig. 44).

Desigur că deocamdată nu s-a făcut încă nimic asemănător, dar vom folosi puțul transversal imaginar pentru a rezolva o problemă interesantă.

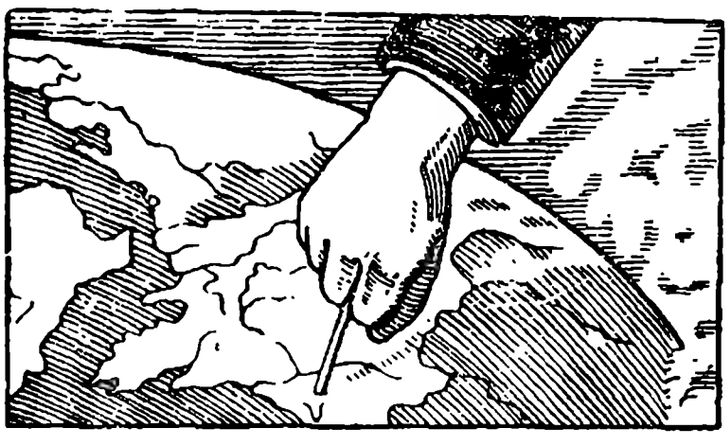


Fig. 44 — Dacă globul pămîntesc ar fi sfredelit de-a lungul diametrului său...

Cum credeți, ce vi s-ar întîmpla dacă ați cădea într-un astfel de puț fără fund (să uităm un timp de rezistența aerului)? Să vă frîngeți oasele lovindu-vă de fund nu se poate, fiindcă puțul este fără fund; dar unde vă veți opri?

În centrul Pămîntului? Nu.

Cînd veți ajunge în centru, corpul dumneavoastră vă căpăta o viteză atît de mare (circa 8 km/s), încît nu poate fi vorba despre oprire în acest punct. Veți continua să zburați mai departe, încetinindu-vă treptat mișcarea pînă la marginile capătului opus al puțului. Aici trebuie să vă apucați cu nădejde de margini; în caz contrar veți parcurge din nou puțul de la un capăt la celălalt. Dacă nici acum nu reușiți să vă cramponați de ceva, veți cădea din nou în puț, făcînd calea-ntoarsă și așa fără sfîrșit. Mecanica ne învață că în aceste condiții (repet, numai dacă neglijăm rezistența aerului în puț) corpul se va deplasa necontenit dus și întors [1].

Care ar fi durata unei astfel de curse? S-ar constata că această cursă dus-întors ar dura 84 de minute și 24 de secunde, adică o oră și jumătate.

„Așa s-ar întîmpla — continuă N. Flammarion — dacă puțul ar fi săpat de-a lungul axei de la un pol la celălalt. Dar este suficient să transferăm punctul de pornire la o altă latitudine —în Europa, Asia sau Africa — și va trebui să ținem seama de influența rotației Pămîntului. Se știe că fiecare

[1] Dacă însă se ține seama de rezistența aerului, atunci mișcarea va încetini treptat și, pînă la urmă, omul se va opri în centrul pămîntului.

punct al suprafeței Pământului parcurge la ecuator 465 m/s, iar la latitudinea Parisului 300 m/s. Deoarece viteza circulară c r e ș t e o dată cu depărtarea de axa de rotație, atunci o bilă de plumb, de exemplu, aruncată într-un puț nu cade pe verticală, ci deviază puțin spre răsărit. Dacă săpăm un puț fără fund la ecuator, atunci sau lățimea lui trebuie să fie foarte mare, sau el trebuie să fie foarte înclinat, deoarece corpul care cade de la suprafața Pământului s-ar deplasa mult spre răsărit față de centru.

Dacă gura de intrare a puțului s-ar afla pe unul dintre dealurile Americii de Sud, să presupunem la o înălțime de 2 km, iar capătul opus al tunelului ar fi situat la nivelul oceanului, atunci omul, care ar cădea din imprudență în gura din partea americană, ar ajunge la capătul opus cu o asemenea viteză încît ar zbura din tunel la o distanță de 2 km.

Iar dacă ambele capete ale puțului s-ar afla la nivelul oceanului, atunci omului i s-ar putea întinde mîna în momentul apariției lui la gura puțului, cînd viteza zborului este egală cu zero. În cazul precedent ar fi trebuit, dimpotrivă, să ne ferim din drumul unui călător atît de grăbit".

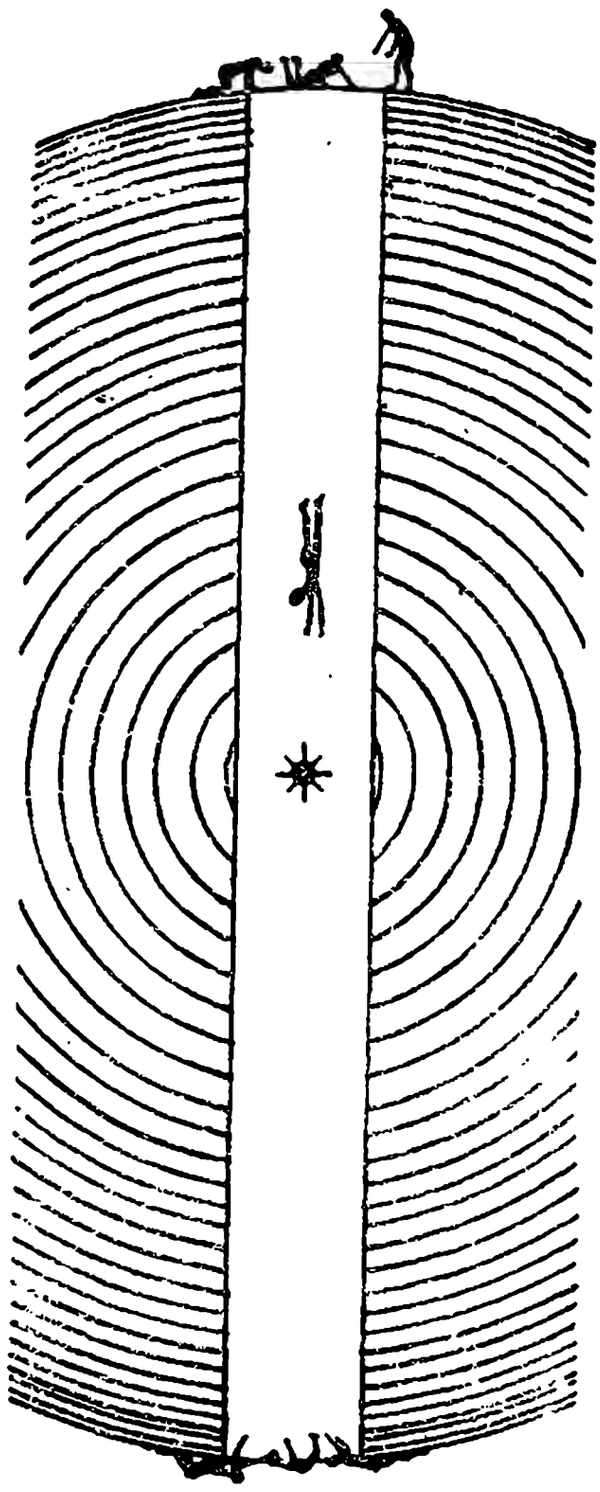


Fig. 45 — Căzînd în puțul săpat prin centrul globului pămîntesc, corpul îl va străbate, fără oprire, de la un capăt la celălalt, efectuînd drumul dus-întors într-o oră și 24 minute.

UN DRUM CA ÎN POVESTE

La Petersburg a apărut odată o broșură cu un titlu straniu: *Un tren subteran autopropulsat între Petersburg și Moscova. Roman*

fantastic, deocamdată în trei capitole, dar și acelea neterminate. Autorul acestei broșuri, A.A. Rodnîh, propune un proiect original, interesant de cunoscut pentru amatorii de paradoxuri fizice.

Proiectul constă „în săparea unui tunel de 600 km care trebuie să lege ambele noastre capitale printr-o linie subterană absolut dreaptă. Astfel omul ar avea pentru prima dată posibilitatea de a călători în linie dreaptă, părăsind drumurile curbe cum a fost pînă acum" (autorul vrea să spună că toate drumurile noastre sînt arcuite datorită curburii globului pămîntesc, în timp ce tunelul proiectat ar fi săpat de-a lungul coardei).

Un astfel de tunel, dacă ar fi putut fi săpat, ar fi avut o proprietate excepțională pe care nu o are nici un drum din lume. Ea constă în faptul că orice vehicul t r e b u i e să se d e p l a s e z e d e l a s i n e într-un astfel de tunel. Să ne amintim de puțul subteran care ar străpunge globul pămîntesc. Tunelul Leningrad - Moscova este același gen de puț, dar săpat de-a lungul coardei și nu de-a lungul diametrului. Este drept, privind figura 46, s-ar părea că, tunelul fiind săpat orizontal, nu există nici o cauză care ar face trenul să se deplaseze prin el datorită forței de gravitație. Dar acestea nu sînt decît aparențe: duceți niște raze imaginare spre capetele tunelului (direcția razei este direcția verticală); veți înțelege atunci că tunelul nu este săpat sub un unghi drept față de verticală, adică nu orizontal, ci înclinat.

Într-un astfel de puț înclinat, orice corp trebuie să oscileze, antrenat de forța gravitației, înainte și înapoi, lipindu-se mereu de fund. Dacă în tunel se instalează șine, atunci va-

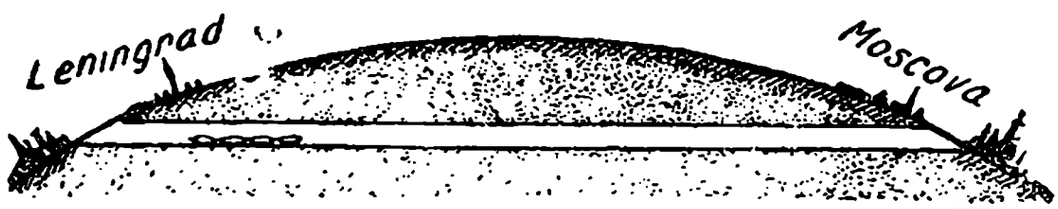


Fig. 46 — Dacă s-ar săpa un tunel între Leningrad și Moscova, atunci trenurile ar goni prin el înainte și înapoi datorită propriei lor greutăți, fără locomotivă.

gonul de cale ferată se va deplasa singur pe ele: greutatea lui va înlocui tracțiunea locomotivei. La început trenul se va deplasa foarte încet, apoi cu fiecare secundă viteza trenului

autopropulsat va crește; în curînd ea va atinge o valoare uriașă, astfel încît aerul din tunel îi va împiedeca deja vizibil mișcarea. Dar să uităm pentru o vreme acest obstacol supărător, care împiedică realizarea multor proiecte ispititoare, și să urmărim trenul mai departe. Ajungînd pînă la mijlocul tunelului, trenul va avea o viteză atît de uriașă — de multe ori mai mare decît proiectilul de tun! —, încît sub impulsul acesteia ar putea ajunge aproape pînă la capătul opus al tunelului. Dacă nu ar exista frecarea nu ar fi nici acest „aproape"; trenul fără locomotivă ar ajunge singur de la Leningrad la Moscova. După cum arată calculele, durata deplasării spre un capăt este aceeași ca și pentru căderea printr-un tunel săpat de-a lungul diametrului: 42 de minute și 12 secunde. Într-un mod straniu ea nu depinde de lungimea tunelului; călătoriile prin tunelul Moscova-Leningrad, Moscova-Vladivostok sau Moscova-Melbourne ar dura același timp [1].

Același lucru s-ar întîmpla cu orice alt vehicul: drezină, trăsură, automobil etc. Cu adevărat un drum ca-n basme, care, rămînînd el însuși nemișcat, face ca toate vehiculele să se deplaseze de la un capăt la celălalt cu o viteză nemaipomenită!

CUM SE SAPĂ TUNELURILE

Priviți figura 47, care reprezintă trei metode de construire a tunelurilor și spuneți care din ele este săpat orizontal?

Nici cel de sus, nici cel de jos, ci cel din mijloc, în formă de arc, care formează în toate punctele unghiuri drepte cu direcția verticalelor (sau a razelor globului pămîntesc). Tocmai acesta este tunelul orizontal, curbura lui corespunzînd pe deplin curburii suprafeței Pămîntului.

Tunelurile mari se sapă de obicei așa cum se arată în figura 47, sus, cu linii drepte, tangente la suprafața Pămîntului în

---

[1] Se mai poate demonstra și un alt fapt interesant cu privire la puțul fără fund: durata oscilației nu depinde de d i m e n s i u n i l e planetei, ci numai de d e n s i t a t e a ei.

punctele extreme ale tunelului. Tunelul merge întîi puțin în s u s, iar apoi în j o s. Acest tip de tunel oferă avantajul că apa nu se acumulează în el, ci se scurge singură spre capete.

Dacă tunelul s-ar săpa strict orizontal, atunci un tunel lung ar avea formă de arc. Apa nu ar tinde să se scurgă din el, pentru că în fiecare punct al lui ea s-ar afla în echilibru. Cînd un astfel de tunel este mai lung de 15 km (de exemplu Simplonul are 20 km), atunci, stînd la o ieșire, nu poate fi văzută cealaltă: raza privirii se oprește în tavan, pentru că punctul mijlociu al acestui tunel se înalță cu peste 4 m deasupra capetelor lui.

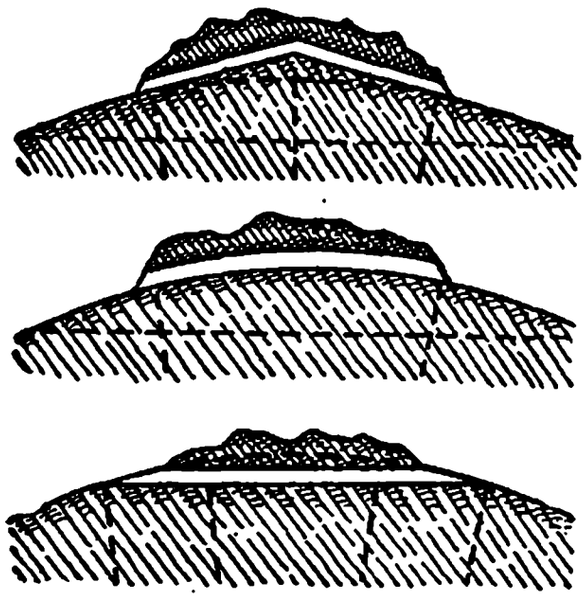
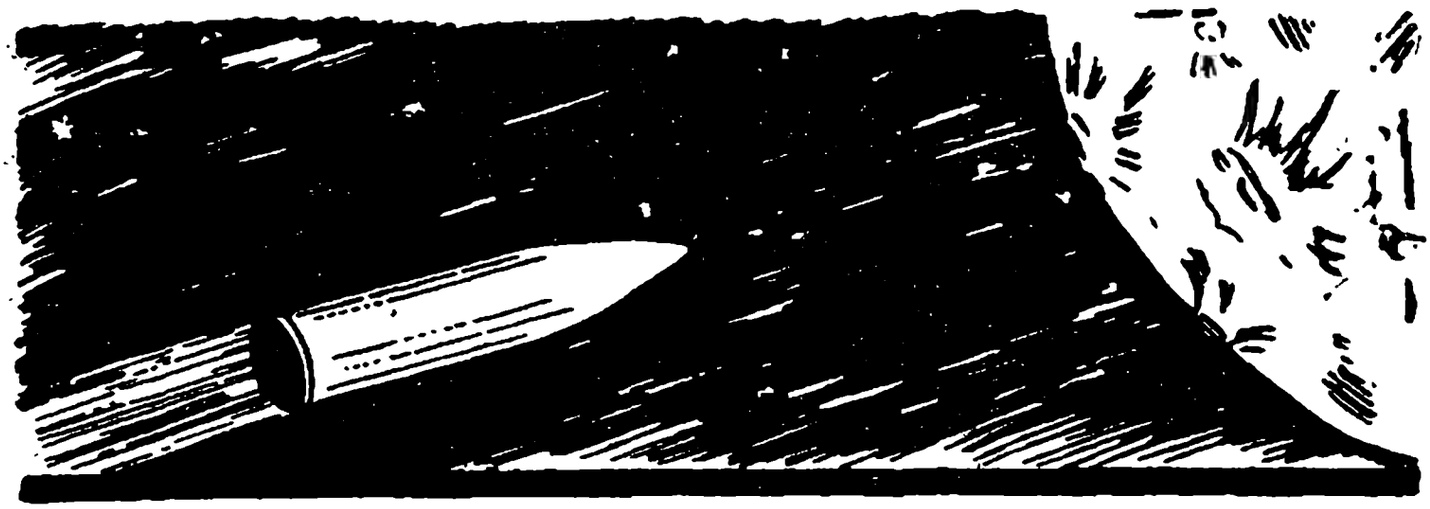


Fig. 47 — Trei metode de a săpa tunelurile în munte.

În sfîrșit, dacă se sapă un tunel după linia dreaptă care unește cele două capete ale lui, el va avea la ambele capete o ușoară înclinare în j o s spre mijloc. Astfel apa nu se va scurge din el, ci se va acumula la mijloc în partea cea mai joasă. În schimb, stînd la un capăt al unui astfel de tunel, se poate vedea celălalt capăt. Figurile alăturate explică cele arătate mai sus.[1]

---

[1] Din cele expuse rezultă, de altfel, că toate liniile orizontale sînt c u r b e; linii orizontale drepte nu pot exista. În schimb, cele verticale nu pot fi decît drepte.



Capitolul 5

O CĂLĂTORIE ÎN PROIECTILUL DE TUN

În concluzia discuţiilor noastre despre legile mişcării şi forţa de atracţie, să analizăm călătoria fantastică spre Lună descrisă atît de atractiv de Jules Verne în romanele *De la Pămînt la Lună* şi *Înconjurul Lunii*.

Probabil că dumneavoastră vă amintiţi că membrii Clubului tunarilor din Baltimore, condamnaţi la inactivitate o dată cu terminarea războiului nord-american, au hotărît să confecţioneze un tun uriaş, să-l încarce cu un proiectil mare, gol în interior şi, îmbarcînd în el pasageri, să lanseze acest proiectil-vagon spre Lună.

Oare această idee este fantastică? Şi, mai înainte de toate, i se poate comunica corpului o astfel de viteză încît el să părăsească pentru totdeauna suprafaţa Pămîntului?

MUNTELE LUI NEWTON

Să-i dăm cuvîntul genialului Newton, care a descoperit legea atracţiei universale. În lucrarea sa *Principiile matematice ale fizicii*, el scrie:

„Sub acțiunea greutății sale, o piatră aruncată deviază de la traiectoria rectilinie și cade pe Pămînt, descriind o curbă. Dacă pietrei i se imprimă o viteză mai mare, atunci ea va zbura mai departe; de aceea se poate întîmpla ca ea să descrie un arc de zece, o sută, o mie de mile și, în sfîrșit, să iasă din zona Pămîntului fără să se mai întoarcă vreodată pe suprafața lui. Fie *AFB* (fig. 48) suprafața Pămîntului, *C* centrul lui, iar *UD*, *UE*, *UF*, *UG* curbele pe care le descrie un corp aruncat în direcție orizontală din vîrful unui munte foarte înalt cu o viteză din ce în ce mai mare. Nu ținem seama aici de rezistența opusă de atmosferă, adică presupunem că lipsește complet. Cînd viteza inițială este mai mică, corpul descrie curba *UD*, cînd viteza este mai mare curba *UE*, la viteze și mai mari curbele *UF* și *UG*. La o anumită viteză de lansare corpul va ocoli întregul glob pămîntesc și se va înapoia în vîrful muntelui de pe care fusese lansat. Deoarece în momentul înapoierii în punctul inițial viteza corpului nu va fi mai mică decît în momentul lansării, corpul își va continua mișcarea pe aceeași curbă".

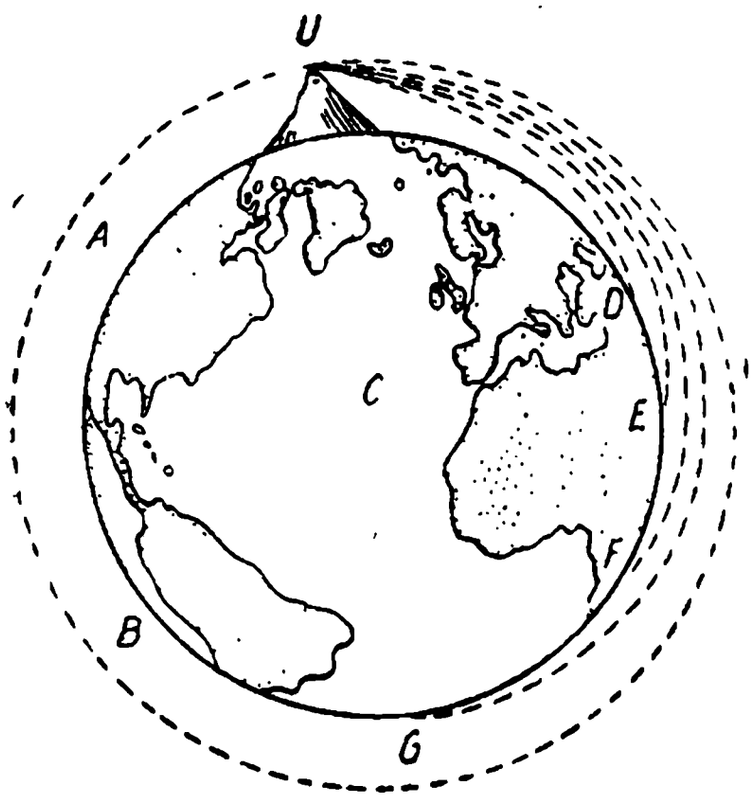


Fig. 48 — Cum trebuie să cadă pietrele aruncate din vîrful unui munte, cu o viteză foarte mare, în direcție orizontală.

Dacă pe acest munte imaginar ar fi existat un tun, atunci proiectilul lansat cu o anumită viteză nu ar mai fi căzut niciodată pe Pămînt, ci ar fi început să se rotească fără oprire în jurul globului pămîntesc. Printr-un calcul destul de simplu[1] nu este greu de stabilit că aceasta trebuie să aibă loc la o viteză de aproximativ 8 km pe secundă. Cu alte cuvinte, proiectilul lansat de tun cu o viteză de opt kilometri pe secundă părăsește pentru totdeauna suprafața globului terestru și devine

[1] Vezi *Fizica distractivă*, vol 1, cap. 2.

satelitul planetei noastre. El va zbura de 17 ori mai repede de cît orice punct de la ecuator şi va efectua o rotaţie complet în jurul planetei noastre într-o oră şi 24 de minute. Dacă însă proiectilului i se comunică o viteză mai mare, atunci el se va roti în jurul Pămîntului nu în cerc, ci pe o elipsă mai mult sau mai puţin alungită, depărtîndu-se de Pămînt la o distanţă mare. La o viteză iniţială şi mai mare, proiectilul se desprinde definitiv de planeta noastră şi îşi continuă drumul în spaţiul cosmic. Acest lucru are loc pentru o viteză iniţială de aproximativ 11 km/s (în toate raţionamentele de mai sus se au în vedere proiectilele care se deplasează în v i d şi nu în aer).

Să vedem acum dacă zborul spre Lună se poate efectua prin mijloacele propuse de Jules Verne. Tunurile moderne comunică proiectilului o viteză de cel mult doi kilometri în prima secundă. Aceasta este de cinci ori mai puţin decît viteza cu care corpul poate zbura spre Lună. Eroii romanelor credeau că, dacă ei vor construi un tun uriaş şi-l vor încărca cu o cantitate uriaşă de explozibil, atunci vor reuşi să obţină o viteză suficientă pentru a lansa proiectilul spre Lună.

UN TUN FANTASTIC

Şi iată că membrii Clubului tunarilor construiesc un tun uriaş cu lungimea de un sfert de kilometru, îngropat vertical în pămînt. Se construieşte totodată un proiectil de proporţii corespunzătoare, care reprezintă în interior o cabină pentru pasageri. Greutatea lui este de 8 tone. Tunul este încărcat cu piroxilină, care cîntăreşte 160 de tone. În urma exploziei dacă ar fi să-l credem pe romancier, proiectilului i se imprimă o viteză de 16 km/s, dar, datorită frecării în aer, această viteză se reduce pînă la 11 km. Astfel, nimerind în spaţiul lipsit de atmosferă, proiectilul lui Jules Verne are o viteză suficientă pentru a ajunge în Lună.

Aşa este descris în roman. Dar ce ne poate spune fizica?

Proiectilul lui Jules Verne nu este vulnerabil în acea parte a lui care de obicei este pusă la îndoială de cititori. În primul

rînd se poate demonstra că tunurile cu pulbere nu vor putea comunica niciodată unui proiectil o viteză mai mare decît 3 km/s.

În afară de aceasta, Jules Verne nu a ţinut seama de rezistenţa aerului, care, la o viteză atît de uriaşă, trebuie să fie foarte mare, schimbînd astfel complet întregul tablou al zborului. Dar mai există şi alte obiecţii serioase care se opun ideii zborului în Lună efectuat cu ajutorul unui proiectil de artilerie.

Îngrijorarea cea mai mare o produce soarta pasagerilor înşişi. Să nu credeţi că pericolul îi pîndeşte în timpul zborului între Pămînt şi Lună. Dacă ar scăpa cu viaţă pînă în momentul cînd proiectilul ar părăsi gura tunului, ei nu ar mai avea de ce să se teamă în timpul zborului. Viteza uriaşă cu care pasagerii ar străbate spaţiul cosmic împreună cu vagonul lor este pentru ei tot atît de lipsită de orice pericol ca şi viteza, şi mai mare, cu care globul pămîntesc se roteşte în jurul Soarelui.

O PĂLĂRIE GREA

Momentul cel mai periculos pentru călătorii noştri l-ar constitui cele cîteva sutimi de secundă în timpul cărora cabina-proiectil se deplasează prin ţeava tunului. În acest interval de timp atît de mic, viteza cu care pasagerii se vor deplasa în ţeava tunului trebuie să crească de la zero pînă la 16 km/s. Nu degeaba pasagerii din roman aşteptau cu atîta înfrigurare clipa cînd se va trage cu tunul. Şi Barbicane avea pe deplin dreptate cînd afirma că momentul cînd proiectilul va porni va fi pentru pasageri tot atît de periculos ca şi cum ei s-ar afla în faţa proiectilului şi nu în interiorul lui. Într-adevăr, în momentul tragerii, platforma de jos a cabinei îi va izbi pe pasageri cu aceeaşi forţă cu care proiectilul ar fi izbit orice corp aflat în calea lui. Eroii romanului au acceptat cu prea mare uşurinţă acest pericol, închipuindu-şi că în cel mai rău caz vor avea de suferit doar un aflux de sînge la cap ...

Lucrurile însă se prezintă mult mai grav. În canalul ţevii, proiectilul are o mişcare accelerată: viteza lui creşte sub presi-

unea constantă a gazelor care se formează la explozie. În interval de o fracțiune infimă dintr-o secundă, această viteză crește de la zero pînă la 16 km/s. Pentru simplificare, admitem că accelerarea vitezei este uniformă; atunci accelerația necesară pentru a spori într-un timp atît de scurt viteza proiectilului pînă la 16 km/s va atinge aici cam 600 km/s într-o secundă (calculele sînt date mai departe, la pag. 95).

Noi vom înțelege semnificația tragică a acestei cifre dacă ne vom aminti că accelerația gravitației pe suprafața Pămîntului este doar de 10 m/s într-o secundă [1]. De aici rezultă că fiecare obiect din interiorul proiectilului ar exercita în momentul tragerii asupra podelei cabinei o presiune de 60 000 de ori mai mare decît greutatea acestui obiect. Cu alte cuvinte, pasagerii ar simți că au devenit de mii de ori mai grei! Sub acțiunea unei astfel de greutăți imense, ei ar fi fost striviți imediat. Astfel, numai pălăria domnului Barbicane ar cîntări în momentul tragerii cel puțin 15 tone (greutatea unui vagon cu încărcătura lui); o astfel de pălărie este mai mult decît suficientă pentru a-l strivi pe posesorul ei.

Este drept că în roman s-au descris măsurile luate pentru a slăbi șocul; proiectilul este prevăzut cu amortizoare cu arc și cu un fund dublu, al cărui spațiu gol este umplut cu apă. Durata șocului este întrucîtva prelungită și, prin urmare, rapiditatea cu care crește viteza este redusă întrucîtva. Dar, ținînd seama de forțele uriașe cu care avem de-a face aici, avantajul oferit de aceste dispozitive este mizer. Forța care-l va apăsa pe pasager se va reduce extrem de puțin: nu este indiferent dacă vei fi strivit de o pălărie de 15 tone sau de una de 14 tone?

CUM POATE FI ATENUATĂ ZGUDUITURA?

Mecanica ne arată cum ar putea fi atenuată rapiditatea fatală de creștere a vitezei.

Lucrul acesta poate fi realizat l u n g i n d de m a i m u l t e o r i ț e a v a t u n u l u i.

---

[1] Voi mai adăuga că accelerația unui automobil de curse, care își începe mișcarea rapidă, nu depășește 2—3 m/s într-o secundă, iar accelerația trenului care părăsește lin gara este de 1 m/s într-o secundă.

Dar dacă vrem ca în momentul tragerii forţa greutăţii „artificiale“ din interiorul proiectilului să fie egală cu greutatea obişnuită de pe globul pămîntesc, atunci ţeava tunului ar trebui lungită foarte mult. Un calcul aproximativ ne arată că în acest caz ar trebui să se construiască un tun de lungimea de... 6 000 km! Cu alte cuvinte, „columbiada“ lui Jules Verne ar trebui să se afunde în interiorul globului pămîntesc chiar pînă la centrul acestuia ... Atunci pasagerii ar fi fost feriţi de orice neplăceri: la greutatea lor obişnuită s-ar mai fi adăugat o oarecare greutate aparentă, datorită creşterii încete a vitezei, şi ei ar fi simţit că au devenit doar de două ori mai grei.

De altfel, în decursul unui scurt interval de timp organismul uman poate suporta fără pericol o creştere de cîteva ori a greutăţii sale. Cînd lunecăm de pe un derdeluş în jos şi aici schimbăm rapid direcţia mişcării noastre, în această scurtă clipă greutatea noastră creşte vizibil, adică corpul nostru se sprijină de sanie mai mult decît de obicei. Creşterea greutăţii de trei ori este suportată de noi cu destulă uşurinţă. Dacă admitem că omul poate suporta fără pericol într-un interval de timp scurt chiar şi o creştere de zece ori a greutăţii, atunci este suficient să se construiască un tun de o lungime „doar“ de 600 km. Dar nici aceasta nu ne poate consola, pentru că şi o astfel de construcţie depăşeşte posibilităţile tehnicii.

Iată în ce condiţii s-ar realiza imaginar proiectul ispititor propus de Jules Verne: a zbura spre Lună într-un proiectil de tun[1].

PENTRU PRIETENII MATEMATICII

Printre cititorii cărţii de faţă se vor găsi, fără îndoială, unii care ar dori să verifice ei înşişi calculele despre care s-a vorbit mai sus. Dăm mai jos aceste calcule. Ele sînt juste

[1] Descriind în roman condiţiile din interiorul proiectilului de tun aflat în mişcare, Jules Verne a făcut o omisiune importantă, despre care se vorbeşte în prima carte a *Fizicii distractive*. Romancierul nu a ţinut seama de faptul că, după lansare, în tot timpul zborului obiectele din interiorul proiectilului vor fi absolut imponderabile, pentru că forţa de gravitaţie comunică aceeaşi acceleraţie atît proiectilului, cît şi tuturor corpurilor din el (vezi de asemenea paragraful *Capitolul care lipseşte în romanul lui Jules Verne*).

doar cu aproximaţie, pentru că se bazează pe presupunerea că în ţeava tunului proiectilul are o mişcare uniform-accelerată (de fapt însă creşterea vitezei este neuniformă).

Pentru calculele noastre va trebui să folosim următoarele două formule ale mişcării uniform-accelerate:

viteza v după scurgerea secundei t este egală cu at, unde a este acceleraţia: $v = at$;

drumul S, parcurs în t secunde, este dat de formula

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

Cu ajutorul acestor formule vom determina înainte de toate acceleraţia proiectilului cînd el lunecă în ţeava „columbiadei".

Din roman se cunoaşte lungimea părţii neîncărcate a tunului: 210 m; acesta este drumul S parcurs de proiectil.

Noi cunoaştem şi viteza finală $v = 16\,000$ m/s. Cunoscînd S şi v, putem determina mărimea t, adică timpul de deplasare a proiectilului în ţeava tunului (considerînd că această mişcare este uniform-accelerată). Într-adevăr,

$$v = at = 16\,000; \qquad 210 = S = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{16\,000\ t}{2} = 8\,000\ t,$$

de unde

$$t = \frac{210}{8\,000} = \text{aproximativ } 1/40 \text{ s}.$$

Prin urmare, proiectilul ar fi lunecat în interiorul tunului doar 1/40 secunde!

Înlocuind $t = 1/40$ în formula $v = at$, avem

$$16\,000 = 1/40\ a, \text{ de unde } a = 640\,000 \text{ m/s}^2.$$

Prin urmare, în timpul mişcării de-a lungul ţevii tunului, acceleraţia proiectilului este egală cu 640 000 m/s², adică este de 64 000 de ori mai mare decît acceleraţia gravitaţiei. Deci ce lungime ar trebui să aibă tunul pentru ca acceleraţia proiectilului să fie doar de zece ori mai mare decît acceleraţia corpului în cădere (adică să fie egală cu 100 m/s²)?

Aceasta este o problemă inversă celei pe care am rezolvat-o mai sus. Sînt date: $a = 100$ m/s², $v = 11\,000$ m/s (în

lipsa rezistenței atmosferice, o astfel de viteză este suficientă).

Din formula $v = at$, avem : $11\,000 = 100\,t$, iar $t = 110$ s.

Din formula $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \cdot t}{2}$ aflăm că lungimea tunului trebuie să fie egală cu $\frac{11\,000 \cdot 110}{2} = 605\,000$ m, adică 605 km.

Prin astfel de calcule s-au obținut cifrele care fac să se năruie planurile mărețe ale eroilor lui Jules Verne [1].

[1] Toate raționamentele din acest capitol, ca și toate calculele, sînt juste. În practică, problema zborurilor omului în Lună și în alte planete va fi rezolvată, probabil, cu ajutorul rachetelor și sîntem convinși de faptul că într-un viitor apropiat cititorul acestei cărți va fi martorul sau poate chiar participantul acestor evenimente remarcabile *(n.red. sov.)*

Capitolul 6

PROPRIETĂȚILE GAZELOR ȘI ALE LICHIDELOR

O MARE ÎN CARE NU TE POȚI ÎNECA

O astfel de mare există într-un loc cunoscut din timpurile cele mai vechi. Este vorba despre cunoscuta Mare Moartă din Palestina. Apele ei sînt atît de sărate, încît în ele nu poate trăi nici o vieţuitoare. Clima secetoasă şi aridă a Palestinei produce o evaporare puternică a apei de pe suprafaţa mării. Se evaporă însă numai apa pură, iar sărurile pe care le conţine rămîn în mare şi astfel procentul de sare din apă creşte. Iată de ce apele Mării Moarte nu conţin numai 2 sau 3 procente de sare (ca greutate), caracteristice pentru majoritatea mărilor şi oceanelor, ci 25 şi chiar mai multe procente; salinitatea creşte o dată cu adîncimea. Astfel, un sfert din conţinutul Mării Moarte îl constituie sărurile dizolvate în apa ei. Cantitatea totală a sărurilor din apa ei se ridică la 40 000 000 de tone.

Gradul înalt de salinitate a Mării Moarte stă la baza următoarei particularităţi a acesteia: apa acestei mări este mult mai grea decît apa de mare obişnuită. Într-un astfel de lichid greu nu te poţi îneca: corpul omenesc este mai uşor.

Greutatea corpului este mult mai mică decît un volum egal de apă saturată cu sare și, prin urmare, conform legii plutirii, omul nu se poate îneca în Marea Moartă; el se ridică la suprafață, așa cum un ou de găină se ridică la suprafața apei sărate (în timp ce în apa dulce el cade la fund).

Umoristul Mark Twain, care a vizitat acest lac-mare, descrie senzațiile curioase pe care le-a avut el și însoțitorii lui cînd au făcut baie în apele Mării Moarte:

„Ce baie ciudată! Nu ne putem îneca. Ne putem lungi pe spate, încrucișîndu-ne mîinile pe piept, astfel încît cea mai mare parte a corpului să rămînă sub apă. Putem ridica și capul... Se poate sta culcat comod pe spate ridicînd genunchii pînă ce ei ating bărbia și cuprinzîndu-i cu mîinile, însă te răstorni foarte curînd, capul fiind mai greu. Te poți așeza și cu capul în jos, astfel încît deasupra apei să-ți apară aproape întregul corp de la mijlocul pieptului pînă în vîrful picioarelor. Această poziție însă este forte instabilă. Pe spate nu poți înota înaintînd mai mult sau mai puțin vizibil, pentru că picioarele ies din apă și poți doar să le respingi reciproc cu călcîiele. Dacă înoți cu fața în jos, te deplasezi înapoi și nu înainte. Calul își menține echilibrul cu atîta greutate, încît nu poate nici înota și nici sta în Marea Moartă; el se culcă imediat pe spate".

În figura 49 vedeți un om instalat destul de comod pe suprafața Mării Moarte; greutatea specifică mare a apei îi permite în această poziție să citească o carte, apărîndu-se în același timp cu ajutorul unei umbrele de razele fierbinți ale Soarelui.

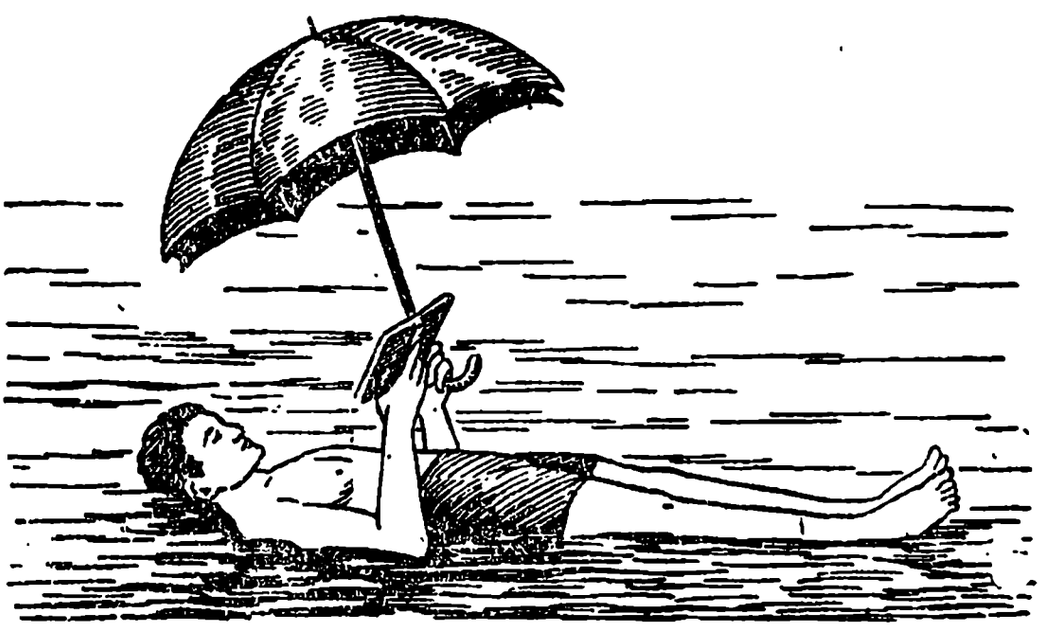


Fig. 49 — Un om pe suprafața Mării Moarte (după o fotografie).

Aceleași proprietăți caracterizează și apele Kara-Bugaz-Ghiolului (un golf al Mării Caspice)[1], precum și apele lacului Elton, care conțin 27% săruri.

Ceva asemănător simt și bolnavii cărora li s-au prescris băi sărate. Dacă salinitatea apei este foarte mare, ca de exemplu, cea a apelor minerale din Staraia Russa, atunci bolnavii trebuie să depună eforturi destul de mari pentru a rămîne la fundul băii. Am auzit cum o femeie căreia i-au fost prescrise aceste băi se plîngea indignată că „apa pur și simplu o împingea afară din cadă". Mi se pare că ea era dispusă să învinuiască chiar de acest lucru administrația băilor.

Gradul de salinitate a apelor diferitelor mări variază întrucîtva și, din această cauză, navele se cufundă inegal în apele mărilor. Poate că unii dintre cititorii noștri au remarcat pe bordul navelor, în apropiere de linia de plutire, așa-numita *marcă Lloyd*, semnul care arată nivelul liniei de plutire de limită în ape cu densități diferite. De exemplu, marca de bord reprezentată în figura 50 indică nivelul de limită al liniei de plutire:

— în apă dulce (Fresch Water) ....FW
— în Oceanul Indian (India Summer) ..... IS

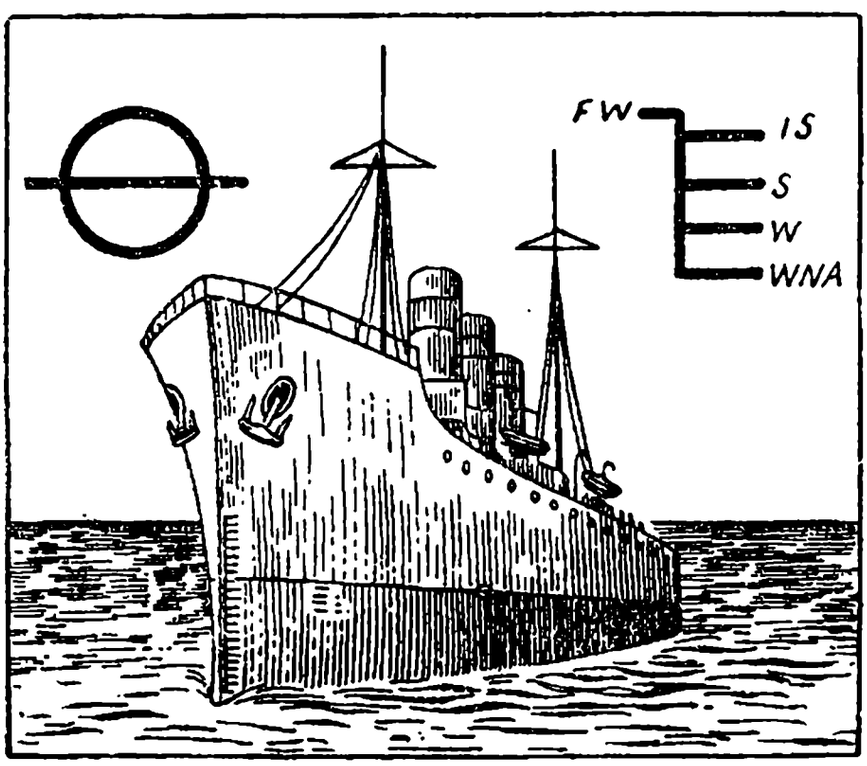


Fig. 50 — Marca de bord liber a navei. Simbolul mărcii se face la nivelul liniei de plutire. Îl arătăm și separat, mărit. Semnificația literelor respective este dată în text.

[1] Greutatea specifică a apelor Kara-Bugaz-Ghiolului este 1,18.

— în apă sărată vara (Summer) ..... S
— „ „ „ iarna (Winter) ..... W
— în nordul Oceanului Atlantic iarna (Winter North Atlantic) ..... WNA

În încheiere menționăm că există o varietate de apă care și în stare pură, fără nici un fel de amestecuri, este mult mai grea decît cea obișnuită: greutatea ei specifică este 1,1, deci cu 10% mai mare decît de obicei; prin urmare, într-un bazin cu astfel de apă chiar un om care nu știe să înoate s-ar îneca cu greu. Această apă este denumită *apă grea*, formula ei chimică fiind D_2O (hidrogenul care intră în compoziția ei este format din atomi de două ori mai grei decît atomii hidrogenului obișnuit și se notează cu litera D). *Apa grea* este dizolvată într-o cantitate foarte mică în apa obișnuită: într-o găleată de apă de băut găsim aproximativ 8 g.

Apa grea de tipul D_2O (sînt posibile 17 varietăți de apă grea cu compoziție diferită) se obține în prezent într-o stare aproape pură: amestecul de apă obișnuită este doar de circa 0,05%. Apa grea este folosită pe scară largă în tehnica atomică, mai ales în reactoarele atomice. Ea se obține în cantități mari din apă obișnuită prin metode industriale.

CUM FUNCȚIONEAZĂ UN SPĂRGĂTOR DE GHEAȚĂ

Făcînd baie, nu pierdeți ocazia de a încerca următoarea experiență. Înainte de a ieși din cadă, scoateți dopul din orificiul de evacuare, rămînînd culcat în cadă. Pe măsură ce o parte tot mai mare din corpul dumneavoastră va rămîne deasupra apei, veți simți cum corpul vi se îngreuiează treptat. Vă veți convinge în felul acesta cu ușurință că greutatea pe care corpul o pierde în apă (amintiți-vă cît de ușor v-ați simțit în apă) apare din nou îndată ce corpul se află în afara acesteia. Cînd această experiență este făcută fără voie de balena rămasă pe mal în timpul refluxului, rezultatele ei sînt fatale pentru animal; el este strivit de propria sa greutate uriașă. Nu este întîmplător faptul că balenele trăiesc în adîncurile oceanelor.

Forța de împingere a apei îl ferește de acțiunea nefastă a forței de gravitație.

Cele spuse mai sus au o legătură directă cu titlul paragrafului de față. Activitatea spărgătorului de gheață se bazează pe același fenomen fizic: partea de navă care depășește nivelul apei încetează de a mai fi echilibrată de acțiunea de împingere a apei și își recapătă greutatea „de uscat". Nu trebuie să credem că spărgătorul taie gheața din mers, prin presiunea continuă a prorei, prin presiunea etravei. Așa funcționează tăietoarele de gheață și nu spărgătoarele. Un astfel de tăietor de gheață a fost, de exemplu, „Litke", binecunoscut în deceniul al patrulea al secolului nostru. Dar această metodă este eficace numai pentru ghețurile cu o grosime destul de mică.

Adevăratele spărgătoare de gheață, cum au fost la timpul lor „Krasin" și „Ermak" și cum este în prezent „*L e n i n*" (cu motor atomic), funcționează altfel. Cu ajutorul mașinilor sale puternice, spărgătorul de gheață împinge pe suprafața gheții prora, care, în acest scop, este mult înclinată sub apă. Aflată în afara apei, prora navei își recapătă întreaga greutate, și această greutate uriașă (la „*E r m a k* " atingea, de exemplu, 800 de tone) sparge gheața. Pentru a intensifica această acțiune, în cisternele de la prora spărgătorului de gheață se mai pompează adesea apă, „lest lichid".

Așa lucrează spărgătorul de gheață atîta timp cît grosimea gheții nu depășește o jumătate de metru. Ghețurile mai mari sînt sparte prin acțiunea de *șoc* a navei. Spărgătorul de gheață se retrage și se repede cu întreaga-i masă asupra marginii gheții. În această situație nu mai acționează greutatea, ci energia cinetică a navei aflate în mișcare; nava se transformă într-un fel de proiectil de artilerie cu viteză mică, dar cu o masă uriașă. Coloșii de gheață înalți de cîțiva metri sînt sparți prin energia loviturilor repetate, efectuate de prora rezistentă a spărgătorului de gheață.

Marinarul polar N. Markov, participantul la expediția din 1932, descrie astfel acțiunea acestui spărgător de gheață:

„Printre sute de stînci de gheață, pe cîmpia compactă de gheață, „Sibireakov" și-a început bătălia. 52 de ore în șir acul telegrafului mașinii oscila între *înapoi* și *înainte*. „Sibireakov"

se avînta spre inamicu-i de gheaţă, îl fărîmiţa, se urca pe col
şii de gheaţă, îi spărgea şi iar se retrăgea. Gheaţa cu grosim
de trei sferturi de metru ceda cu greu. Cu fiecare lovitură
înainta doar cu o treime din corpul navei".

UNDE SE AFLĂ NAVELE SCUFUNDATE?

Chiar între marinari este răspîndită părerea că vase
scufundate în ocean nu ating fundul lui, ci rămîn suspenda
la o adîncime oarecare.

De aceeaşi părere era, pare-se, şi autorul cărţii *Dou*
zeci de mii de leghe sub apă; într-unul din capitolele acest
roman, Jules Verne descrie un vas scufundat, suspenda
nemişcat în apă, iar în altul vorbeşte despre navele ca
„putrezesc, suspendate fiind în apă".

Este oare justă această afirmaţie?

S-ar părea că ea are o oarecare bază, deoarece într-adev
la fundul oceanului presiunea atinge valori foarte mar
La o adîncime de 10 m, apa presează cu o forţă de 1 kg p
1 cm² de corp cufundat. La adîncimea de 20 m, această pr
siune este deja de 2 kg, la 100 m de 10 kg, iar la 1 000
de 100 kg. În unele locuri adîncimea oceanului atinge cîţiv
kilometri, iar în cele mai adînci regiuni 11 km (groap
Marianelor). Este uşor de calculat ce presiune uriaşă trebu
să suporte apa şi corpurile cufundate în ea la adîncimi at
de mari.

Dacă cufundăm o sticlă goală înfundată la o adîncim
mare şi o scoatem apoi, constatăm că presiunea apei a împin
dopul înăuntrul sticlei şi că aceasta s-a umplut cu apă. C
noscutul oceanograf John Murray, în cartea sa *Oceanu*
povesteşte că a fost efectuată următoarea experienţă: tr
tuburi de sticlă de dimensiuni diferite şi cu ambele capet
închise au fost înfăşurate în pînză şi aşezate într-un cilindr
de cupru care avea nişte deschizături pentru accesul liber
apei. Cilindrul a fost coborît la o adîncime de 5 km. Cîn
a fost ridicat la suprafaţă, s-a constatat că pînza este plin
de o masă asemănătoare zăpezii; erau rămăşiţele de sticl

spartă. Bucăţi de lemn coborîte la o asemenea adîncime se scufundau în apă după scoaterea lor ca nişte cărămizi, într-atît de presate erau ele.

S-ar părea firesc să ne aşteptăm ca o presiune atît de mare să facă apa atît de densă la adîncimi mari, încît nici obiectele grele să nu se scufunde în ea, aşa cum nu se scufundă o greutate în mercur. Dar o astfel de părere este cu totul neîntemeiată. Experienţa ne arată că apa, ca şi toate lichidele în general, se supune puţin comprimării. Presată cu o forţă de 1 kg pe 1 cm^2 apa nu se comprimă decît cu 1/22 000 din volumul său şi cam tot cu atîta la fiecare creştere cu un kilogram a presiunii. Dacă am dori să obţinem o astfel de densitate a apei încît fierul să plutească în ea, ar trebui s-o comprimăm de 8 ori. Dar, chiar şi numai pentru o reducere de două ori a volumului ei este necesară o presiune de 11 000 kg pe 1 cm^2 (pentru a da o idee asupra comprimării care ar avea loc la presiuni atît de mari). Aceasta corespunde unei adîncimi de 110 km sub nivelul oceanului!

De aici rezultă clar că a vorbi despre o compresiune mare a apei în adîncurile oceanelor este cu totul absurd. În locurile cele mai adînci, compresiunea apei nu atinge decît 1 100/22 000, adică densitatea ei este doar de 1/20 sau 5% mai mare decît cea normală [1]. Astfel, ea nu poate influenţa decît într-o măsură extrem de mică condiţiile de plutire a diferitelor corpuri, cu atît mai mult cu cît corpurile solide cufundate într-o astfel de apă sînt supuse şi ele aceleiaşi presiuni şi, prin urmare, creşte şi densitatea lor.

De aceea este neîndoielnic faptul că vasele scufundate zac pe fundul oceanelor. „Tot ce se scufundă într-un pahar cu apă — spune Murray — trebuie să se ducă la fund chiar şi în oceanul cel mai adînc".

Împotriva acestei afirmaţii am auzit următorul argument. Dacă cufundăm cu grijă în apă un pahar cu fundul în sus, el poate rămîne în această poziţie, pentru că va disloca un volum de apă care va cîntări tot atît cît şi paharul.

---

[1] Un fizician englez a calculat că, dacă atracţia terestră ar înceta dintr-o dată şi apa ar deveni imponderabilă, atunci nivelul apei din ocean s-ar ridica în medie cu 35 m (datorită faptului că apa comprimată şi-ar recăpăta volumul ei normal). Oceanul ar inunda 5 000 000 km^2 de uscat, care-şi datorează existenţa doar compresibilităţii apelor oceanelor care-l înconjură.

Un pahar metalic mai greu se poate menţine în această poziţie şi sub nivelul apei fără a cădea la fund. Tot astfel se poate opri, chipurile, la jumătatea drumului, şi un crucişător sau o oarecare altă navă răsturnată cu fundul în sus. Dacă în unele încăperi ale navei se va găsi aer închis ermetic, atunci nava se va cufunda la o anumită adîncime, unde se va şi opri. Doar sînt multe nave care se scufundă cu fundul în sus şi este posibil ca unele dintre ele să nu mai atingă fundul, rămînînd suspendate în adîncurile întunecate ale oceanului. Ar fi suficient un şoc uşor pentru a scoate o astfel de navă din echilibru, pentru a o răsturna şi umple cu apă, făcînd-o să cadă la fund, dar de unde să apară şocuri la fundul oceanului, unde este linişte şi pace eternă şi unde nu pătrunde nici ecoul furtunilor?

Toate argumentele de acest fel se bazează pe o greşeală de fizică. Paharul răsturnat nu *se cufundă singur în apă, ci trebuie cufundat în apă cu ajutorul unei forţe exterioare*, ca o bucată de lemn sau o sticlă goală astupată. Tot astfel şi nava răsturnată nu va începe să se scufunde, ci va rămîne la suprafaţa apei. Deci ea nu se poate opri la jumătatea drumului dintre suprafaţa oceanului şi fundul acestuia.

CUM S-AU REALIZAT VISURILE LUI JULES VERNE ŞI ALE LUI WELLS?

Submarinele reale din timpurile noastre nu numai că au realizat, sub unele aspecte, visurile fantastice despre „*Nautilus*“ al lui Jules Verne, dar le-au şi depăşit. Este drept că viteza submarinelor moderne este de două ori mai mică decît cea a lui *Nautilus*: 24 de noduri [1] faţă de 50 la Jules Verne. Cea mai lungă cursă efectuată de o navă submarină modernă este o călătorie în jurul globului, în timp ce căpitanul Nemo a efectuat o călătorie mult mai lungă. În schimb, „*Nautilus*“ nu avea decît un tonaj

[1] Un nod este egal cu aproximativ 1,8 km pe oră *(n.a.)*.

de 1 500 de tone, un echipaj format din 20—30 de oameni şi putea rămîne neîntrerupt sub apă doar 48 de ore. Crucişătorul submarin „*S u r c o u f*“, construit în 1929, care aparţinea flotei franceze, avea un tonaj de 3 200 de tone, un echipaj format din 150 de oameni şi putea rămîne sub apă fără a se ridica la suprafaţă pînă la 120 de ore [1].

Acest crucişător submarin şi-a putut efectua cursa din porturile Franţei pînă la insula Madagascar fără a intra în vreun port. În ceea ce priveşte confortul încăperilor locuite, „Surcouf“ nu este cu nimic mai prejos decît „Nautilus“. Afară de aceasta, „Surcouf“ prezenta faţă de nava căpitanului Nemo şi avantajul incontestabil că pe puntea superioară a crucişătorului era amenajat şi un hangar impenetrabil pentru un hidroavion de recunoaştere. Menţionăm de asemenea că Jules Verne nu a prevăzut „*N a u t i l u s*“ cu un periscop care să permită echipajului să cerceteze orizontul de sub apă.

Într-o singură privinţă doar navele submarine vor rămîne încă multă vreme în urma creaţiei fanteziei romancierului francez: în ceea ce priveşte adîncimea de scufundare. Dar trebuie să menţionăm că sub acest raport fantezia lui Jules Verne a depăşit cu mult limitele veridicităţii. Într-un loc al romanului citim că Nemo cobora la adîncimi de trei, patru, cinci, şapte, nouă şi zece mii de metri sub suprafaţa oceanului. Iar odată „Nautilus“ a coborît chiar la adîncimea nemaipomenită de 16 000 de metri! Eroul romanului povesteşte cum trepidau pereţii vasului căptuşiţi cu fier, cum se curbau înspre interior ferestrele, cedînd sub presiunea apei. El afirma că, dacă nava n-ar fi avut rezistenţa unui corp turnat compact, ea ar fi fost imediat turtită.

Era o îngrijorare pe deplin justificată pentru că la o adîncime de 16 km (dacă oceanele ar avea o astfel de adîncime), presiunea apei ar trebui să atingă 16 000:10 = 1 600 kg/cm^2 sau 1 600 de atmosfere tehnice; o asemenea presiune nu

---

[1] În condiţiile moderne, un submarin prevăzut cu motor atomic oferă omului libertatea de a-şi alege drumul în adîncurile puţin cercetate ale mărilor şi oceanelor. Rezervele inepuizabile de energie de pe bordul navei submarine îi permit să efectueze curse de lungă durată fără a se ridica la suprafaţă. Astfel, în 1958 (de la 22 iunie pînă la 5 august), submarinul american cu motor atomic „Nautilus“ a parcurs, cu încărcătură, distanţa de la Marea Bering pînă în Groenlanda, trecînd prin regiunea Polului nord *(n. red. sov.)*.

sfărîmă fierul, dar ar turti fără îndoială nava. Oceanografia nu cunoaşte însă astfel de adîncimi. Părerile exagerate despre adîncimea oceanelor care existau în epoca în care a trăit Jules Verne (romanul a fost scris în 1869) se explică prin imperfecţiunea metodelor de măsurare a adîncimilor. În timpurile acelea, ca bandulă-logh nu se folosea sîrma, ci frînghia de cînepă; un astfel de logh era frînat de frecarea de apă cu atît mai mult, cu cît mai mare era adîncimea la care era cufundat. La adîncimi mari, frecarea creşte atît încît loghul înceta cu totul să coboare şi drept rezultat frînghia se încurca doar, creînd impresia unei adîncimi uriaşe.

Submarinele moderne rezistă la presiuni de cel mult 25 de atmosfere. De aceea ele nu se pot cufunda decît la adîncimi de 250 m. Adîncimi mult mai mari au fost atinse cu ajutorul unui aparat special, denumit *batisferă* (fig. 51), destinat special studiului faunei adîncurilor oceanice. Dar de acest aparat nu ne mai aminteşte „Nautilus" al lui Jules Verne, ci creaţia fantastică a unui alt romancier — sfera de mari adîncimi — a lui Wells, descrisă în povestirea *În abis*. Eroul acestei povestiri a coborît pe fundul oceanului, la o adîncime de 9 km, într-o sferă de oţel cu pereţii groşi; aparatul s-a cufundat fără cablu, dar cu greutăţi mobile. Ajungînd la fundul oceanului, sfera s-a eliberat aici de greutăţile care o antrenau şi s-a ridicat fulgerător la suprafaţa apei.

În batisferă, savanţii au atins adîncimi de peste 900 m. Batisfera este coborîtă cu ajutorul unui cablu de pe nava cu care cei aflaţi în sferă păstrează o legătură telefonică permanentă.

Nu de mult, în Franţa, sub conducerea inginerului Vilme, şi în Italia, după proiectul profesorului belgian Picard, au fost create aparate speciale pentru studii la mare adîncime, numite *batiscafe*. Deosebirea lor principală de batisfere constă în aceea că ele se pot deplasa, pot pluti la adîncimi mari, în timp ce batisferele stau suspendate neputincios de un cablu. Mai întîi, Picard a coborît cu batiscaful la o adîncime de peste 3 km, iar apoi francezii Guillaume şi Vilme au asaltat următorul hotar, coborînd la o adîncime de 4 050 m. În noiembrie 1959 batiscaful atinge 5 670 m. Dar nici aceasta nu a constituit o limită a posibilităţilor lui. La 9 ianuarie

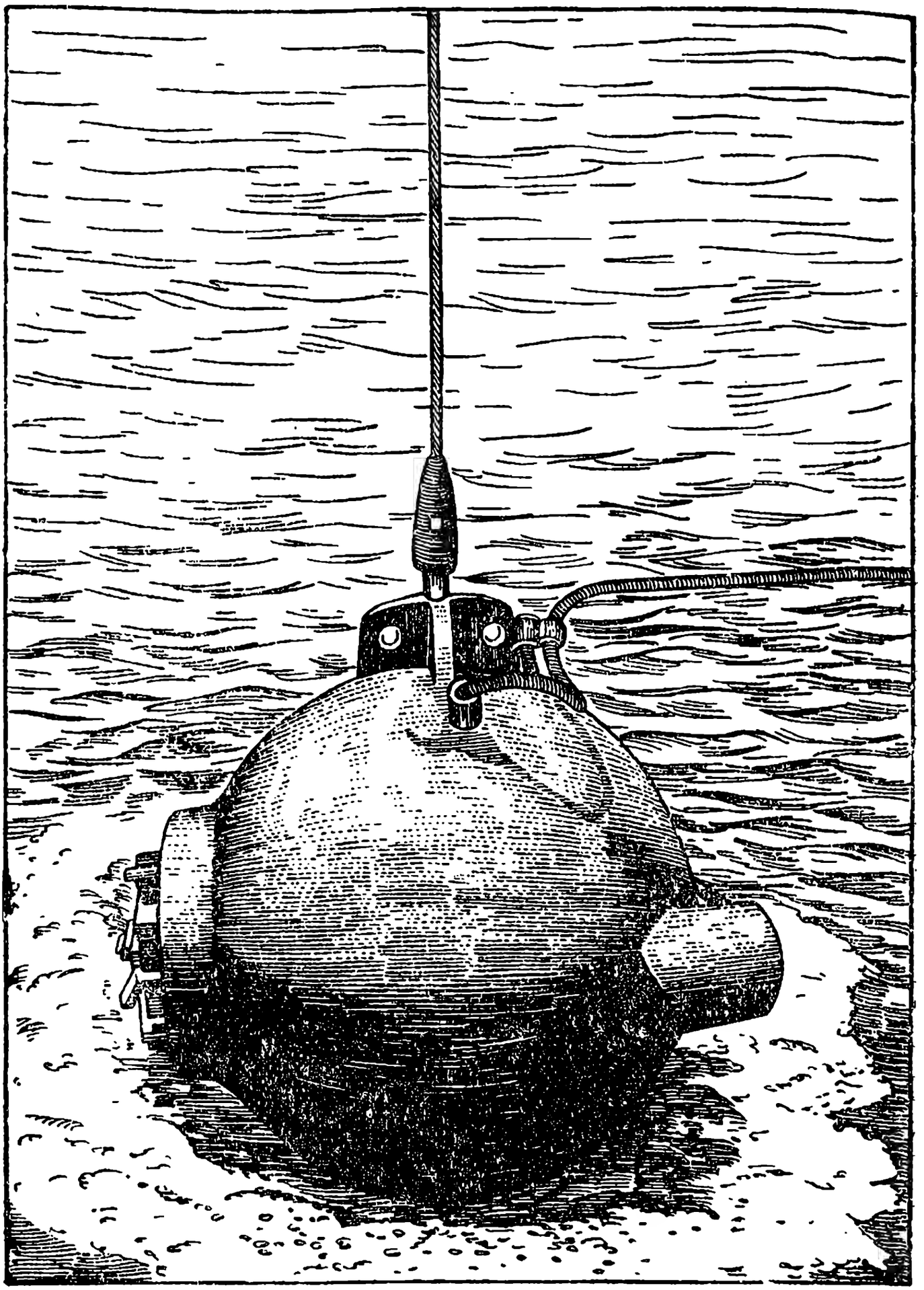


Fig. 51 — Aparatul sferic din oțel, *batisfera*, pentru coborîrea în straturile adînci ale oceanului. În acest aparat a fost atinsă în anul 1934 o adîncime de 923 m. Grosimea pereților sferei este de aproximativ 4 cm, diametrul de 1,5 m, greutatea de 2,5 tone.

1960 Picard a coborît la o adîncime de 7 300 m, iar la 23 ianuarie batiscaful lui a atins fundul groapei Marianelor, la o adîncime de 11,5 km! Datele deţinute pînă în prezent arată că aici este cea mai mare adîncime din lume.

CUM A FOST RIDICAT LA SUPRAFAŢĂ „SADKO"?

În întinsul larg al oceanelor pier anual mii de nave mari şi mici, mai ales în timpul războiului. În ultimii ani s-au efectuat lucrări de ridicare a navelor celor mai valoroase şi mai accesibile. Inginerii şi scafandrii sovietici au ridicat la suprafaţă peste 150 de nave mari. Una dintre cele mai mari a fost spărgătorul de gheaţă „*S a d k o*", scufundat în 1916 în Marea Albă în urma neglijenţei căpitanului ei. După ce a zăcut la fundul mării timp de 17 ani, acest excelent spărgător de gheaţă a fost ridicat la suprafaţă şi a putut fi folosit în continuare.

Tehnica ridicării se bazează în întregime pe folosirea legii lui Arhimede. Scafandrii au săpat sub nava scufundată, în fundul mării, 12 tuneluri şi prin fiecare dintre ele au trecut benzi rezistente de oţel. Capetele acestor benzi au fost fixate de nişte pontoane scufundate în mod intenţionat alături de spărgătorul de gheaţă. Întreaga lucrare a fost efectuată la o adîncime de 25 m sub nivelul mării.

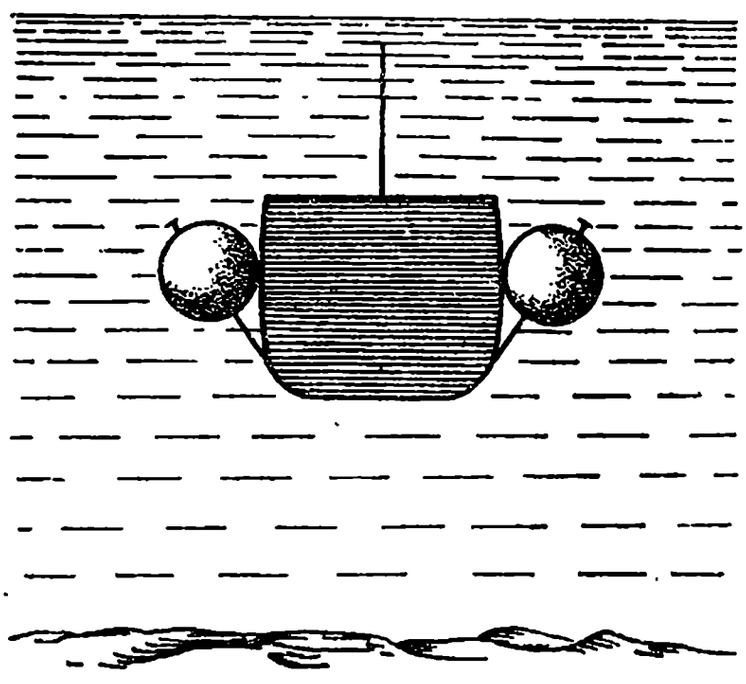


Fig. 52 — Schema ridicării navei *Sadko*; este arătată secţiunea spărgătorului de gheaţă, pontoanelor şi benzii de oţel.

Drept pontoane (fig. 52) serveau nişte cilindri impermeabili, goi în interior, cu lungimea de 11 m şi cu un diametru de $5^1/_2$ m. Un ponton gol cîntărea 50 de tone. Folosind regulile cunoscute din geometrie, nu este greu

să calculăm volumul lui: aproximativ 250 m³. Este clar că u
astfel de cilindru gol va pluti pe apă: el dislocă 250 de tor
de apă, cîntărind doar 50 de tone; tonajul este egal c
diferența dintre 250 și 50, adică cu 200 de tone. Pentru a si
pontonul să coboare la fund, el este umplut cu apă.

Cînd (fig. 52) capetele benzilor de oțel au fost bine fixat
de pontoanele scufundate, în cilindri a fost pompat cu aju
torul furtunurilor aer comprimat. La adîncimea de 25 r
apa exercită o presiune de 25/10 + 1, adică 3,5 atmosfer
Aerul pompat în cilindri era supus unei presiuni de aprox
mativ 4 atmosfere și, prin urmare, trebuia să evacueze ap
din pontoane. Cilindrii astfel ușurați erau împinși cu mai
forță de apa înconjurătoare spre suprafața mării. Ei urca
în apă, așa cum se înalță aerostatul în aer. Forța de ridicar
a tuturor pontoanelor după completa lor golire de apă a
fi fost egală cu 200 × 12, adică cu 2 400 de tone. Aceast
depășește greutatea navei „Sadko", așa încît pentru a efectu
o ridicare mai lină, pontoanele au fost golite de apă numa
parțial.

Cu toate acestea, succesul a venit numai după cîteva în
cercări nereușite. „Patru încercări au fost făcute înaint
de a reuși să ridicăm nava — scrie inginerul șef T. I. Bobrițk
care a condus lucrările[1]. De trei ori cei care așteptau c
nerăbdare apariția vasului au văzut cum apăreau stihin
la suprafață, în haosul valurilor și al spumei, pontoane
furtunuri sfîșiate care se încolăceau ca șerpii. De două o
apăruse și a dispărut din nou în abisul mării spărgători
de gheață înainte de a se ridica definitiv la suprafață".

UN MOTOR DE APĂ „PERPETUU"

Printre numeroasele proiecte de *perpetuum mobile* a
fost multe care se bazau pe ridicarea corpurilor la suprafa
apei. Un turn înalt de 20 m este umplut cu apă. În partea c
sus și cea de jos ale turnului sînt amenajate niște roți c

[1] În cartea *Cucerirea abisului*.

transmisie, prin care trece un odgon rezistent de forma unei curele infinite. La acest odgon sînt fixate 14 lădiţe cubice, cu înălţimea de 1 m, astfel construite din foi de tablă de fier încît apa nu poate pătrunde în interiorul lăzilor. În figurile 53 şi 54 este reprezentat aspectul exterior şi secţiunea longitudinală a unui astfel de turn.

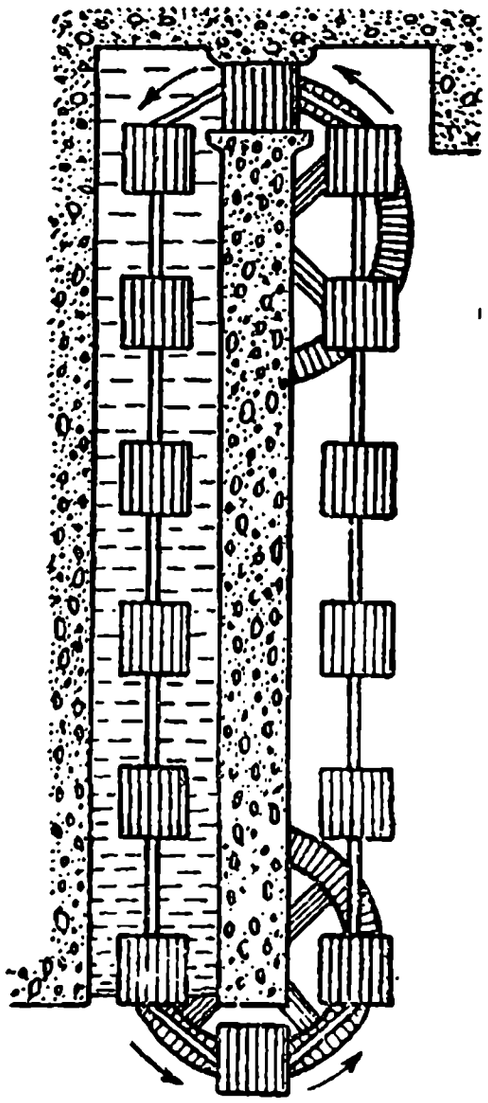


Fig. 53 — Proiectul motorului cu apă imaginar „perpetuu".

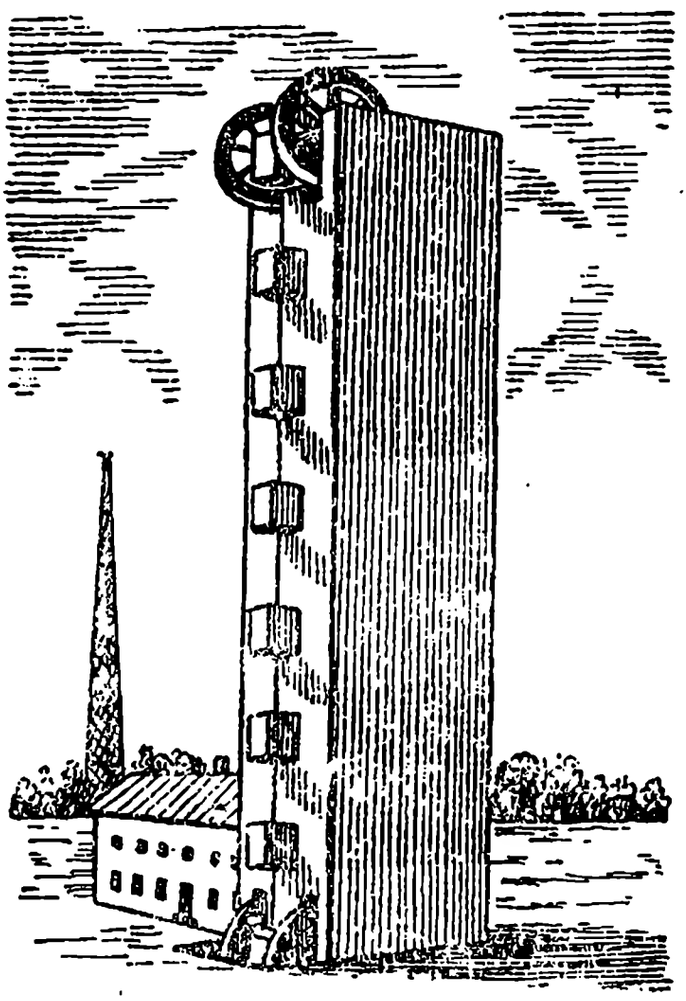


Fig. 54 — Structura turnului din desenul precedent.

Cum funcţionează această instalaţie? Oricine cunoaşte legea lui Arhimede îşi va da seama că lăzile aflate în apă vor tinde să se ridice la suprafaţă. Ele sînt antrenate în sus de o forţă egală cu greutatea apei dislocate de lăzi, adică cu greutatea unui metru cub de apă de atîtea ori repetat cîte lăzi sînt cufundate în apă. Din desene se vede că în apă se găsesc mereu 6 lăzi. Deci forţa care antrenează în sus lăzile încărcate este egală cu greutatea a 6 m^3 de apă, adică cu 6 tone. În jos lăzile sînt antrenate de propria lor greutate, care însă

este echilibrată de greutatea celor 6 lăzi suspendate liber pe partea exterioară a odgonului.

Astfel, odgonul aşezat în modul arătat va fi supus mereu unei tracţiuni de 6 tone, aplicată la un capăt al lui şi îndreptată în sus. Este evident că această forţă va sili odgonul să se deplaseze neîntrerupt, lunecînd pe roţile de transmisie şi efectuînd la fiecare rotaţie un lucru de 6 000 × 20 = = 120 000 kg/m.

Acum este clar că, dacă ţara ar fi împînzită cu astfel de turnuri, atunci s-ar putea obţine de pe urma lor un lucru mecanic suficient pentru acoperirea tuturor nevoilor economiei naţionale. Turnurile vor roti indusul maşinilor şi vor furniza energie electrică în orice cantitate.

Dar dacă analizăm cu atenţie acest proiect, ne convingem cu uşurinţă de faptul că odgonul nu se va deplasa de loc.

Pentru ca odgonul infinit să se poată deplasa , este necesar ca lăzile să intre în bazinul cu apă al turnurilor prin partea de jos, părăsindu-l în partea de sus. Dar, intrînd în bazin, lada trebuie să învingă presiunea unei coloane de apă cu înălţimea de 20 m! Pe un metru pătrat de suprafaţă a lăzii această presiune este egală cu 20 de tone (greutatea a 20 m^3 de apă). Forţa de tracţiune în sus însă nu este decît de 6 tone, ceea ce este evident insuficient pentru a antrena lada în bazin.

Printre numeroasele modele de motoare de apă „perpetue“, dintre care sute au fost propuse de inventatori nenorocoşi, pot fi găsite şi variante foarte simple şi ingenioase.

Priviţi figura 55. O parte din tamburul de lemn fixat pe ax este tot timpul cufundată în apă. Dacă este valabilă legea lui Arhimede, atunci partea cufundată în apă trebuie să se ridice şi, dacă forţa de împingere este mai mare decît forţa de frecare pe

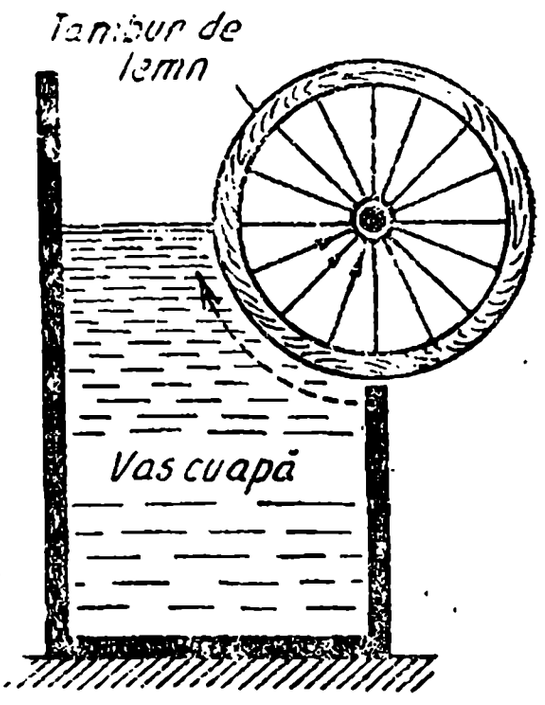


Fig. 55 — Încă un proiect de motor cu apă „perpetuu“.

axa tamburului, atunci rotirea nu va înceta niciodată. Dar nu vă grăbiţi să construiţi acest *perpetuum mobile*! Veţi suferi inevitabil un eşec: tamburul nu se va deplasa. În ce constă deci eroarea raţionamentelor noastre? Constatăm că nu am ţinut seama de direcţia forţelor care acţionează. Aceste forţe vor fi totdeauna perpendiculare pe suprafaţa tamburului, adică de-a lungul razei spre ax. Din experienţa zilnică fiecare ştie că roata nu poate fi silită să se rotească aplicînd forţele de-a lungul razei ei. Pentru a produce mişcarea de rotaţie, trebuie să se aplice o forţă perpendiculară pe rază, adică de-a lungul tangentei la circumferinţa roţii. Acum nu este greu de înţeles de ce şi în acest caz încercarea de a realiza mişcarea „perpetuă" se va termina cu un eşec.

Legea lui Arhimede înflăcăra imaginaţia căutătorilor motorului „perpetuu" şi îi îndemna să inventeze dispozitive ingenioase pentru folosirea pierderii aparente de greutate în scopul realizării unei surse eterne de energie mecanică. Dar nici una dintre aceste încercări nu a fost şi nici nu putea să fie încununată de succes.

CINE A INTRODUS CUVINTELE „GAZ" ŞI „ATMOSFERĂ"?

Cuvîntul *gaz* face parte din cuvintele descoperite de savanţi o dată cu altele, ca *termometru*, *electricitate*, *galvanometru*, *telefon* şi înainte de toate *atmosferă*. Este incontestabil faptul că, dintre toate cuvintele inventate, cel mai scurt este cuvîntul *gaz*. Chimistul şi medicul olandez van Helmont a folosit cuvîntul gaz pornind de la cuvîntul grecesc *haos*. Descoperind faptul că aerul este constituit din două părţi, dintre care una menţine arderea şi arde, iar cealaltă nu posedă aceste proprietăţi, van Helmont scria:

„Aceşti vapori i-am numit g a z, pentru că ei nu se deosebesc aproape de loc de h a o s u l anticilor (înţelesul iniţial al cuvîntului haos este spaţiul strălucitor)".

Dar multă vreme după aceea noul cuvînt nu a mai fost întrebuinţat şi a fost readus la viaţă în anul 1789 de marele Lavoisier. El a căpătat o răspîndire largă atunci cînd peste tot a început să se vorbească despre zborurile fraţilor Montgolfier în primele baloane cu aer.

În lucrările sale, Lomonosov folosea o altă denumire pentru corpurile gazoase: lichide elastice. Menţionăm de altfel faptul că lui Lomonosov îi revine meritul de a fi introdus în vorbirea rusă o serie de termeni care astăzi au devenit termeni curenţi în limbajul ştiinţific:

atmosferă	manometru
barometru	micrometru
pompă cu aer	optică, optic
viscozitate	electric
cristalizare	eter etc.
materie	

Lomonosov scria:

„Eram forţat să caut cuvinte pentru denumirea unor instrumente de fizică, fenomene şi obiecte naturale care (adică cuvintele), deşi par la început oarecum stranii, sper că vor deveni mai cunoscute în urma folosirii lor dese".

După cum ştim, speranţele lui Lomonosov s-au justificat pe deplin.

O PROBLEMĂ APARENT SIMPLĂ

Un samovar cu o capacitate de 30 de pahare e plin cu apă. Aşezaţi paharul sub robinetul lui şi urmăriţi cu ceasul în mînă în cîte secunde se umple paharul pînă la margine. Presupunem că această operaţie durează o jumătate de minut. Punem acum întrebarea: în cîte minute se va goli samovarul dacă lăsăm robinetul deschis?

S-ar părea că este o problemă simplă de aritmetică: un pahar de apă curge într-o jumătate de minut, deci 30 de pahare de apă se vor scurge în 15 minute.

Dar verificați acest lucru prin experiență. Se va constata că pentru golirea samovarului sînt insuficiente 15 minute, el golindu-se într-o jumătate de oră.

Ce s-a întîmplat? Calculul a fost atît de simplu!

Simplu, dar greșit. Nu trebuia să ne închipuim că v i t e z a de curgere a rămas aceeași de la început pînă la sfîrșit. După ce a curs primul pahar de apă din samovar, apa curge sub o presiune mai mică, pentru că nivelul ei în samovar a scăzut; este ușor de înțeles că pentru umplerea celui de-al doilea pahar va trebui mai mult timp; pentru cel de-al treilea va trebui și mai mult timp ș.a.m.d.

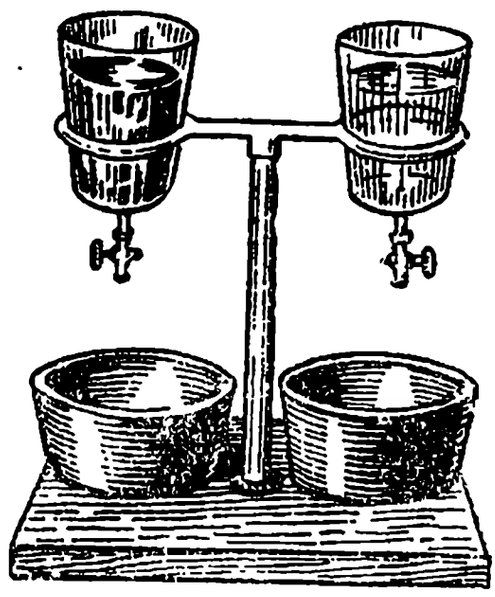


Fig. 56 — Ce se va scurge mai repede: mercurul sau spirtul? Nivelul lichidului este același în ambele vase.

Viteza de curgere a oricărui lichid printr-un orificiu făcut într-un vas deschis depinde de înălțimea coloanei de lichid de deasupra orificiului respectiv. Genialul Torricelli, discipolul lui Galilei, a fost primul care a remarcat această funcție și a exprimat-o cu ajutorul unei formule simple:

$$v = \sqrt{2gh},$$

unde v este viteza de curgere, g accelerația forței de gravitație, iar h înălțimea nivelului lichidului deasupra orificiului. Din această formulă rezultă că viteza lichidului care curge nu depinde de loc de d e n s i t a t e a lui. Spirtul ușor și mercurul greu curg la fel de repede dacă nivelul lor deasupra orificiului este egal (fig. 56). Din formulă se vede că în Lună, unde forța de gravitație este de 6 ori mai mică decît pe Pămînt, pentru umplerea unui pahar ar trebui aproximativ de $2\ ^1/_2$ ori mai mult timp decît pe Pămînt. Dar să ne întoarcem la problema noastră. Dacă după scurgerea a 20 de pahare din samovar nivelul apei a scăzut de p a t r u ori (socotind de la orificiul robinetului), atunci cel de-al 21-lea pahar se va umple de d o u ă ori mai încet decît primul. Mai departe, dacă nivelul apei va scădea de 9 ori, atunci pentru umplerea ultimelor pahare va fi necesar de t r e i ori mai mult timp decît pentru primul. Știm cu toții cît de încet curge apa din samovarul care s-a golit aproape complet.

Rezolvînd această problemă cu metodele matematicii superioare, se poate demonstra că timpul necesar pentru golirea completă a vasului este de d o u ă o r i m a i m a r e decît timpul în care s-ar fi scurs același volum de lichid dacă nivelul inițial ar rămîne constant.

PROBLEMA BAZINULUI

De la cele spuse mai sus nu este decît un pas pînă la cunoscutele probleme cu bazine, nelipsite din nici un manual de aritmetică sau de algebră. Ne amintim cu toții aceste probleme clasic plictisitoare, scolastice:

„Un bazin este prevăzut cu două conducte. Apa care vine prin prima dintre ele poate umple bazinul în 5 ore; prin cea de-a doua bazinul poate fi golit în 10 ore. În cîte ore se va umple un bazin gol dacă robinetele cu care sînt prevăzute cele două conducte rămîn deschise?“

Problemele de acest gen sînt foarte vechi. Ele dăinuie de peste 20 de veacuri, de pe vremea lui Heron din Alexandria. Iată una dintre problemele lui Heron, care, ce-i drept, nu este atît de complicată ca urmașele ei:

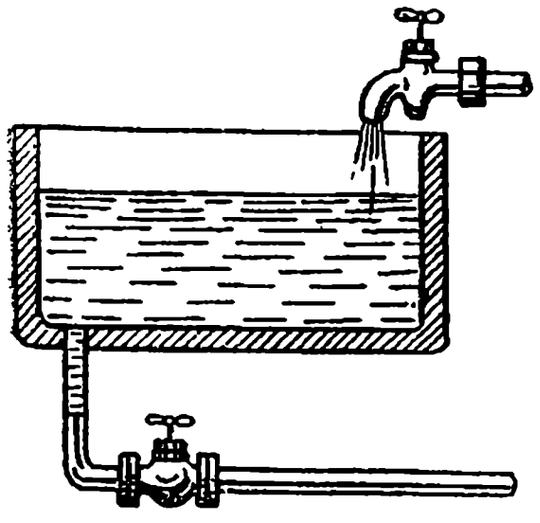


Fig. 57 — Problema cu bazinul.

„Sînt date patru fîntîni arteziene. E dat și un bazin, pe care prima fîntînă îl umple în 24 de ore. Cea de-a doua o face în două zile și două nopți. Cea de-a treia este de trei ori mai slabă decît prima. Cea de-a patra îl umple în patru zile și patru nopți. Răspunde-mi în cît timp se umple bazinul dacă lăsăm să funcționeze în același timp toate fîntînile?“

De două mii de ani se rezolvă probleme cu bazine și — iată ce mare este puterea rutinei! — de două mii de ani ele se rezolvă î n m o d g r e ș i t. De ce este greșit modul lor de rezolvare? Veți înțelege și singuri dacă vă veți aminti

cele ce s-au spus mai sus despre curgerea apei. Cum sîntem învăţaţi să rezolvăm astfel de probleme? De exemplu, prima este rezolvată astfel: într-o oră prima conductă umple 1/5 din bazin, iar cea de-a doua goleşte 1/10 din el; prin urmare, cînd sînt puse în funcţiune ambele conducte, în fiecare oră se umple 1/5 — 1/10 = 1/10 din bazin, deci rezultă că pentru umplerea bazinului sînt necesare 10 ore. Acest raţionament este greşit: dacă se poate considera că accesul apei are loc sub presiunea constantă şi, prin urmare, uniformă, atunci e v a c u a r e a ei are loc în condiţiile unui nivel variabil, deci n e u n i f o r m . Din faptul că prin cea de-a doua conductă bazinul este golit în 10 ore, nu rezultă de loc că în fiecare oră se goleşte 1/10 din bazin; după cum vedem, modul şcolăresc de rezolvare a problemei este greşit. Această problemă nu poate fi rezolvată corect prin mijloacele matematicii elementare, de aceea consider că problemele cu bazine (cu apa ce s e s c u r g e) nu-şi au de loc locul în cărţile de aritmetică.

VASUL-MINUNE

Se poate oare realiza un vas din care apa să curgă mereu uniform fără a-şi încetini curgerea, cu toate că nivelul lichidului scade? După cele ce-aţi aflat din paragrafele precedente, vă imaginaţi, probabil, că acest lucru este imposibil.

Şi, totuşi, acest lucru este pe deplin realizabil. Borcanul din figura 58 este tocmai un vas de acest fel. Este un vas simplu, cu gîtul îngust, prin al cărui dop trece un tub de sticlă. Dacă veţi deschide robinetul *C*, care se află mai jos de capătul tubului, atunci lichidul va curge uniform pînă ce nivelul apei va coborî la capătul de jos al tubului. Cufundînd tubul aproape pînă la nivelul robinetului, puteţi forţa lichidul aflat mai sus de nivelul lui să curgă uniform, deşi cu o presiune slabă.

De ce se întîmplă astfel? Urmăriți cu gîndul ce se întîmplă în vas cînd este deschis robinetul *C* (fig. 58). O dată cu scurgerea lichidului nivelul lui din vas scade și prin tubul de sticlă intră, în aerul rarefiat de sub apă, aerul din exterior: el trece sub formă de bule prin apă și se adună deasupra ei în partea de sus a vasului. Acum pe întregul nivel *B* presiunea este egală cu cea atmosferică. Prin urmare, din robinetul *C* apa curge numai sub presiunea stratului de apă *BC* pentru că presiunea atmosferei din interiorul și din exteriorul vasului se echilibrează. Deoarece grosimea stratului *BC* rămîne constantă, nu este de mirare că lichidul curge mereu cu aceeași viteză.

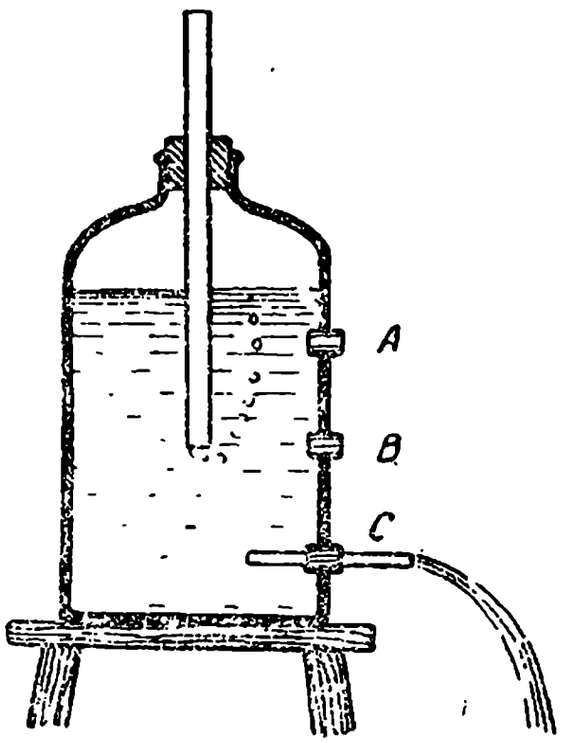


Fig. 58 — Construcția vasului lui Mariotte. Apa curge uniform din robinet.

Încercați acum să rămîneți la întrebarea: cît de repede va curge apa dacă scoatem dopul *B* de la nivelul capătului tubului de sticlă?

Constatăm că ea n u c u r g e d e l o c; desigur dacă orificiul este atît de mic încît putem neglija lărgimea lui, căci altfel apa va curge sub presiunea stratului subțire de apă gros cît lățimea orificiului. Într-adevăr, aici presiunea interioară și cea exterioară sînt egale cu cea atmosferică și nimic nu silește apa să curgă.

Iar dacă ați scoate dopul *A*, c a r e se află m a i s u s decît capătul inferior al tubului, atunci nu numai că apa nu ar curge, dar în vas ar intra și aer din exterior. De ce? Cauza este foarte simplă: în interiorul acestei părți a vasului, presiunea aerului este mai mică decît presiunea atmosferică din exterior.

Acest vas cu proprietăți atît de neobișnuite a fost inventat de cunoscutul fizician Mariotte și denumit cu numele acestuia.

Pe la mijlocul secolului al XVII-lea, locuitorii unui oraș și principii domnitori din Germania, adunați aici în frunte cu împăratul, au fost martorii unei priveliști uimitoare: 16 cai depuneau toate eforturile pentru a îndepărta una de alta două emisfere de cupru alăturate. Ce le lega între ele? „Nimic", aerul. Și cu toate acestea cei opt cai care trăgeau într-o parte și ceilalți opt care trăgeau în partea opusă nu au fost în stare să le depărteze. Astfel, primarul Otto von Guericke le-a demonstrat tuturor că aerul este departe de a fi un „nimic", că el are o greutate și apasă cu o forță destul de mare asupra tuturor obiectelor terestre.

Această experiență a fost efectuată la 8 mai 1654 într-o atmosferă festivă. Savantul primar a știut să trezească interesul tuturor față de cercetările lui științifice, cu toate că aceasta avea loc în focul neînțelegerilor politice și ale războaielor pustiitoare.

Descrierea cunoscutei experiențe cu „emisferele de Magdeburg" este dată și în manualele de fizică. Sînt totuși convins de faptul că cititorul va asculta cu interes următoarea povestire făcută de însuși Guericke, acest „Galilei german", cum este numit cîteodată acest excepțional fizician. Cartea voluminoasă cu descrierea unui șir lung de experiențe pe care le-a efectuat a apărut la Amsterdam în 1672 și, asemenea tuturor cărților din această epocă, avea un titlu foarte lung. Iată-l:

OTTO von GUERICKE

Așa-numitele experiențe noi de la Magdeburg cu

SPAȚIUL FĂRĂ AER

descrise mai întîi de profesorul de matematici

G. SCHOTT

Editat de însuși autorul, adăugit și completat cu diferite experiențe noi

Capitolul al XVIII-lea al acestei cărți este consacrat experienței care ne interesează. Iată pasajul respectiv:

„Experiența care demonstrează că presiunea aerului leagă două emisfere atît de solid încît ele nu pot fi depărtate prin efortul a 16 cai".

„Eu am comandat două emisfere de cupru cu diametrul de trei sferturi de cot de Magdeburg [1]. În realitate, diametrul lor nu era decît de 67/100, deoarece, ca de obicei, meșterii nu s-au priceput să construiască exact ceea ce li s-a cerut. Cele două emisfere coincideau perfect. Una dintre ele era prevăzută cu un robinet; cu ajutorul acestui robinet putea fi evacuat aerul din interior, împiedicîndu-se totodată pătrunderea aerului din afară. Emisferele erau prevăzute de asemenea cu patru inele prin care treceau niște cabluri legate de harnașamentul cailor. Am comandat și un inel din piele impregnat cu un amestec de ceară cu terebentină: așezat între cele două emisfere, el nu permitea accesul aerului. În robinet am introdus tubul unei pompe de vid și am îndepărtat aerul din sferă. S-a constatat atunci cît de puternic s-au lipit una de alta cele două emisfere. Presiunea aerului exterior le-a apropiat atît de mult, încît 16 cai nu le puteau depărta sau reușeau s-o facă cu mare greutate. Cînd, cedînd efortului cailor, cele două emisfere se desprindeau una de alta, se auzea un zgomot puternic, ca o detunătură.

Însă îndată ce, cu ajutorul robinetului, era permis accesul aerului în sferă, cele două emisfere puteau fi ușor depărtate cu mîna".

Un calcul simplu ne poate explica de ce este necesară o forță atît de mare (cîte 8 cai de fiecare parte) pentru a separa cele două părți ale unei sfere goale în interior. Aerul apasă cu o forță de aproximativ 1 kg pe fiecare cm^2; suprafața cercului [2] cu diametrul de 0,67 coți (37 cm) este egală cu 1 060 cm^2. Prin urmare, presiunea atmosferei pe fiecare emisferă trebuie să depășească 1 000 kg (o tonă). Deci fiecare grup

---

[1] Un cot de Magdeburg este egal cu 550 mm.

[2] Se ia suprafața cercului și nu suprafața emisferei, pentru că presiunea atmosferei este egală cu cea indicată numai cînd acționează asupra unei suprafețe sub un unghi drept; pentru suprafețele înclinate, această presiune este mai mică. În cazul acesta luăm proiecția sub unghi drept a suprafeței sferice pe un plan, adică suprafața cercului mare.

de opt cai trebuia să tragă cu o forţă de o tonă pentru a opune rezistenţă presiunii aerului exterior.

S-ar părea că pentru opt cai (de fiecare parte) aceasta nu este o povară prea mare. Nu uitaţi însă că, deplasînd de exemplu o încărcătură de o tonă, caii nu învinq o forţă de o tonă, ci una mult mai mică, şi anume cea de frecare a roţilor de osie şi de caldarîm. Iar această forţă este, de exemplu, pe şosea doar de vreo 5°, adică pentru o încărcătură de o tonă ea este de 50 kg. Nu mai vorbim despre faptul că prin reunirea efortului a 8 cai se pierde, după cum ne arată practica, cam 50% din tracţiune. Prin urmare, o tracţiune de o tonă corespunde, pentru 8 cai, unei încărcături a carului de 20 de tone. Iată cît de mare este acea povară de aer pe care urmau s-o tragă caii primarului din Magdeburg! Era ca şi cum ar fi trebuit să urnească din loc o locomotivă nu prea mare, dar care nu se deplasează pe şine.

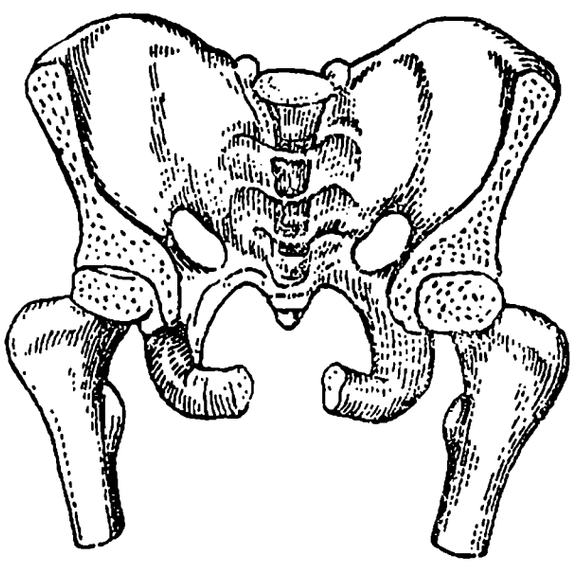


Fig. 59 — Oasele articulaţiilor noastre coxofemurale nu se dislocă datorită presiunii atmosferice, tot aşa cum nu se desfac nici emisferele de Magdeburg.

S-a măsurat că un cal voinic de tracţiune trage carul cu o forţă de numai 80 kg[1]. Prin urmare, pentru depărtarea una de alta a emisferelor de Magdeburg ar fi fost nevoie, considerînd că forţa de tracţiune a cailor este egală cu $\frac{1000}{80}$, de cîte 13 cai de fiecare parte[2].

Probabil că cititorul va fi uimit cînd va afla că unele articulaţii ale corpului nostru nu se dislocă datorită aceleiaşi presiuni atmosferice. Astfel, articulaţiile noastre coxofemurale reprezintă tot un fel de emisfere de Magdeburg. Chiar

---

[1] La o viteză de 4 km pe oră. În medie se consideră că forţa de tracţiune a unui cal constituie 15% din greutatea lui; greutatea cailor este: uşor 400 kg, greu 750 kg. Pentru un timp foarte scurt (efortul iniţial) forţa de tracţiune poate fi de cîteva ori mai mare.

[2] Pentru explicaţia necesităţii de a folosi cîte 13 cai de fiecare parte, vezi *Mecanica distractivă*.

dacă sînt îndepărtaţi muşchii şi sînt desfăcute toate legăturile realizate prin tendoane, şoldul totuşi nu se desprinde. El este presat de presiunea atmosferică, pentru că în spaţiul dintre articulaţii nu este aer.

NOILE FÎNTÎNI ALE LUI HERON

Probabil că cititorii cunosc forma obişnuită a fîntînii atribuite mecanicianului Heron din antichitate. Vă reamintesc aici construcţia ei înainte de a trece la cele mai noi variante ale acestei instalaţii interesante. Fîntîna lui Heron (fig. 60) este formată din trei vase: cel de sus, descoperit, notat cu litera *a*, şi două vase sferice *b* şi *c*, închise ermetic. Vasele sînt legate între ele prin trei tuburi, a căror amplasare este arătată în desen. Cînd în *a* există puţină apă, sfera *b* este umplută cu apă, iar sfera *c* cu aer, atunci fîntîna începe să funcţioneze; apa curge prin tub din *a* în *c*, împingînd de acolo aerul în sfera *b*; sub presiunea aerului, apa din *b* se ridică pe tub în sus şi ţîşneşte deasupra vasului *a*. Cînd sfera *b* se goleşte, fîntîna nu mai funcţionează.

Aceasta este forma veche a fîntînii lui Heron. Chiar în vremurile noastre, un învăţător din Italia, impulsionat fiind de înzestrarea prea modestă a cabinetului său de fizică, a simplificat construcţia acestei fîntîni şi a găsit astfel de variante ale acesteia, încît oricine le poate realiza cu mijloace cît se poate de simple (fig. 61). În locul sferelor el a folosit nişte sticle de farmacie; în locul unor tuburi de sticlă sau metalice a folosit tuburi de cauciuc. Vasul de sus nu trebuie găurit: capetele tuburilor pot fi introduse ca în figura 61, sus.

Această variantă face ca instalaţia să fie mai comodă în folosirea ei: cînd toată apa din *b* se scurge prin vasul *a* în vasul *c*, atunci se pot muta vasele *b* şi *c* pur şi simplu şi fîntîna începe din nou să funcţioneze: bineînţeles că nu trebuie să uităm să mutăm vîrful de pe un tub pe celălalt.

Un alt avantaj al acestei variante a fîntînii constă în aceea că ea oferă posibilitatea de a schimba după plac aşe-

zarea vaselor și de a studia cum influențează distanța dintre nivelurile vaselor asupra înălțimii de țîșnire a apei.

Dacă doriți ca apa să țîșnească la o înălțime mult mai mare, puteți realiza acest lucru înlocuind în vasele de jos

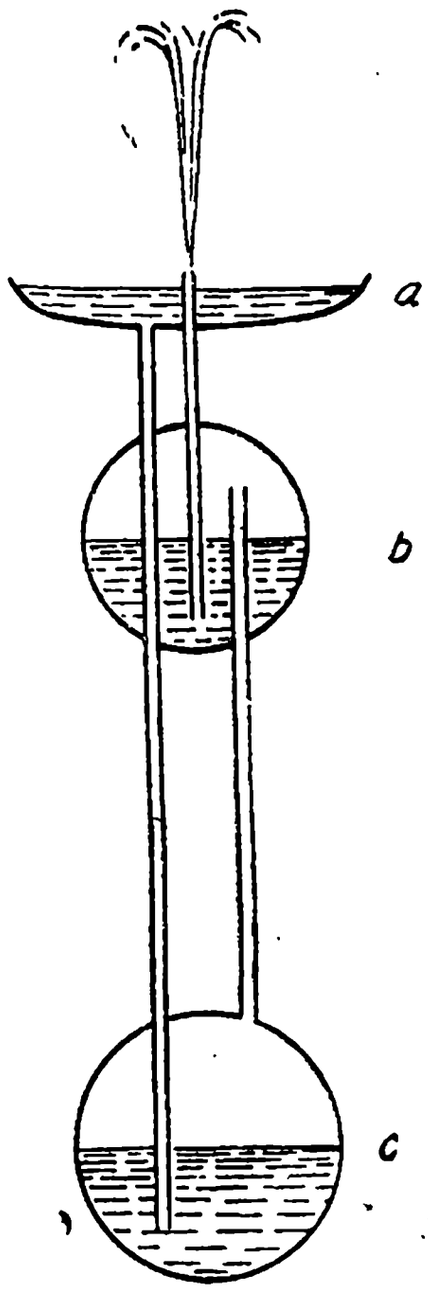


Fig. 60 — Vechea fîntînă a lui Heron.

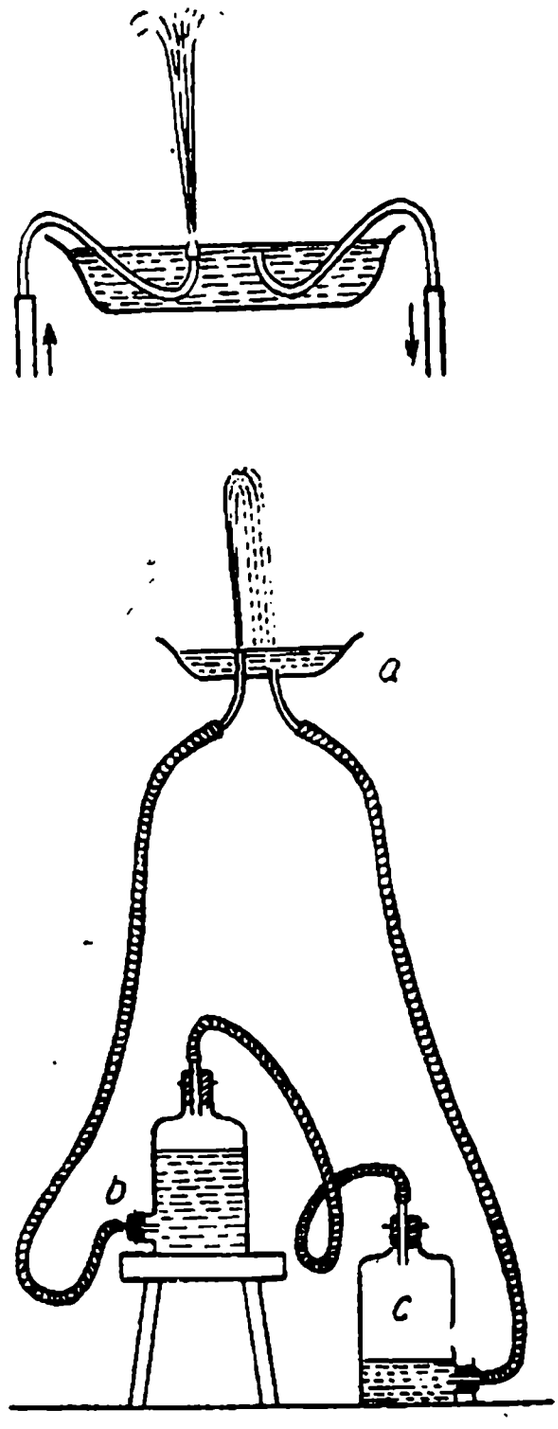


Fig. 61 — O variantă modernă a fîntînii lui Heron.

apa cu mercur, iar aerul cu apă (fig. 62). Înțelegem cu ușurință cum anume funcționează acest dispozitiv: mercurul, curgînd din vasul *c* în *b*, împinge din acesta apa, forțînd-o să țîșnească. Știind că mercurul este de 13% ori mai greu

decît apa, putem calcula la ce înălțime va țîșni apa fîntînii. Notăm diferența de nivel respectiv cu h_1, h_2. Să vedem cum, datorită căror forțe, mercurul curge din vasul c (fig. 62) în vasul b. În tubul de racordare, mercurul sufere presiune la ambele capete. În dreapta acționează presiunea diferenței h_2 dintre coloanele de mercur (care este identică cu presiunea unei coloane de apă de 13% ori mai înalte, 13% h_2), plus presiunea coloanei de apă h_1. În stînga presează coloana de apa h_3. Deci mercurul este antrenat cu forța

$$13\,\frac{1}{2}\,h_2 + h_1 - h_3.$$

Dar $h_3 - h_1 = h_2$; de aceea înlocuim $h_1 - h_3$ cu $-h_2$ și obținem

$$13\,\frac{1}{2}\,h_2 - h_2,$$

adică $12\,{}^1/_2\,h_2$. Prin urmare, mercurul vine în vasul b sub presiunea unei coloane de apă cu înălțimea de $12\,{}^1/_2\,h_2$. Teoretic apa fîntînii trebuie să țîșnească la o înălțime egală cu diferența de nivel a mercurului din vase înmulțită cu $12\,{}^1/_2$. Frecarea însă reduce întrucîtva această înălțime teoretică.

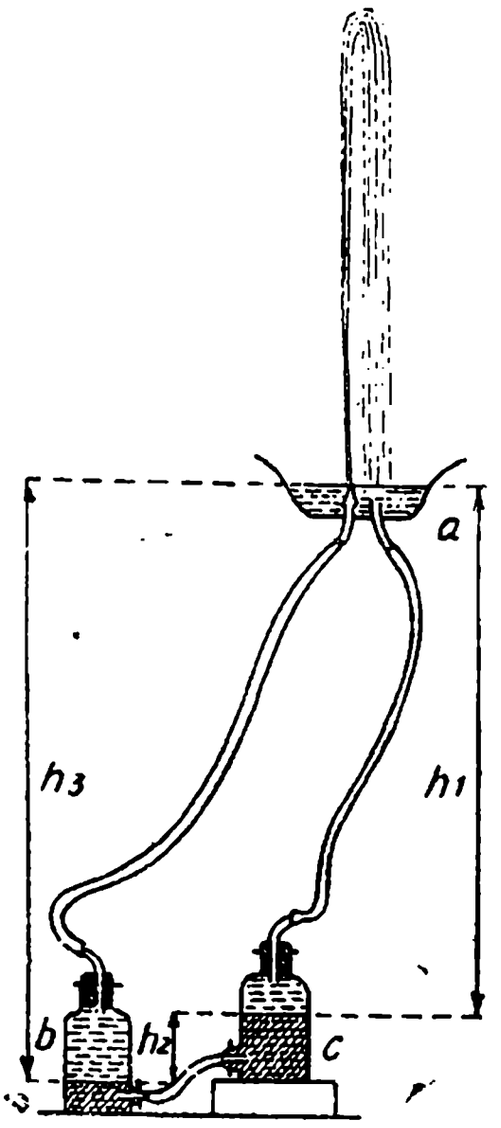


Fig. 62 — Fîntîna care funcționează datorită presiunii mercurului. Apa țîșnește la o înălțime de zece ori mai mare decît diferența dintre nivelurile mercurului.

Cu toate acestea, instalația descrisă permite să se obțină un jet de apă care țîșnește la o înălțime destul de mare. De exemplu, pentru a face ca apa să țîșnească la o înălțime de 10 m este suficient ca unul dintre vase să fie ridicat deasupra celuilalt cam cu un metru. Este interesant de menționat faptul, care se vede din calculul nostru, că înălțimea de așezare a vasului a deasupra celorlalte două nu influențează de loc asupra înălțimii jetului de apă.

În vechime, în secolele XVII—XVIII, nobilimea se distra cu următoarea jucărie instructivă: se confecţiona o cană sau o cofă în a cărei parte superioară existau niște tăieturi ornamentale (fig. 63). O astfel de cană umplută cu vin era

Fig. 63 — Cana înșelătoare de la sfîrșitul secolului al XVIII-lea și secretul construcţiei ei.

oferită oaspetelui simplu de care puteau să-și bată joc fără grijă. Cum să bei din ea? S-o înclini nu se poate: vinul va curge prin numeroasele tăieturi fără a nimeri în gură nici măcar o picătură. Se va întîmpla ca în povești:

„Cu vin și bere m-am ospătat,
Dar numai mustaţa mi-am udat".

Dar cei care cunoșteau secretul unor asemenea căni, secret arătat în dreapta figurii 63, aceia astupau cu degetul deschizătura *B*, luau ciocul în gură și sorbeau lichidul fără a mai înclina vasul: vinul se ridica prin deschizătura *E*, prin canalul din interiorul mînerului, apoi prin continuarea acestuia *C* din interiorul marginii de sus a cănii și ajungea la ciocul ei.

Încă nu prea de mult olarii noștri fabricau astfel de căni. Am avut ocazia să văd într-o casă un model de acest fel, care ascundea destul de iscusit secretul vasului; pe cană era o inscripţie: „Bea, dar nu turna pe tine".

CÎT CÎNTĂREȘTE APA DINTR-UN PAHAR RĂSTURNAT

— Desigur că nu cîntărește nimic; apa se varsă dintr-un astfel de pahar, veți spune dumneavoastră.

— Și dacă nu se varsă? — vă întreb eu. — Atunci cum e?

Într-adevăr, se poate face astfel încît apa să nu se verse dintr-un pahar răsturnat. Cazul acesta este reprezentat în figura 64. Cupa de sticlă răsturnată, suspendată cu un fir legat de fundul cupei de unul din talerele balanței, este umplută cu apa care nu se varsă, pentru că marginile cupei sînt cufundate într-un alt vas cu apă. Pe celălalt taler al balanței este așezată o cupă identică, dar goală.

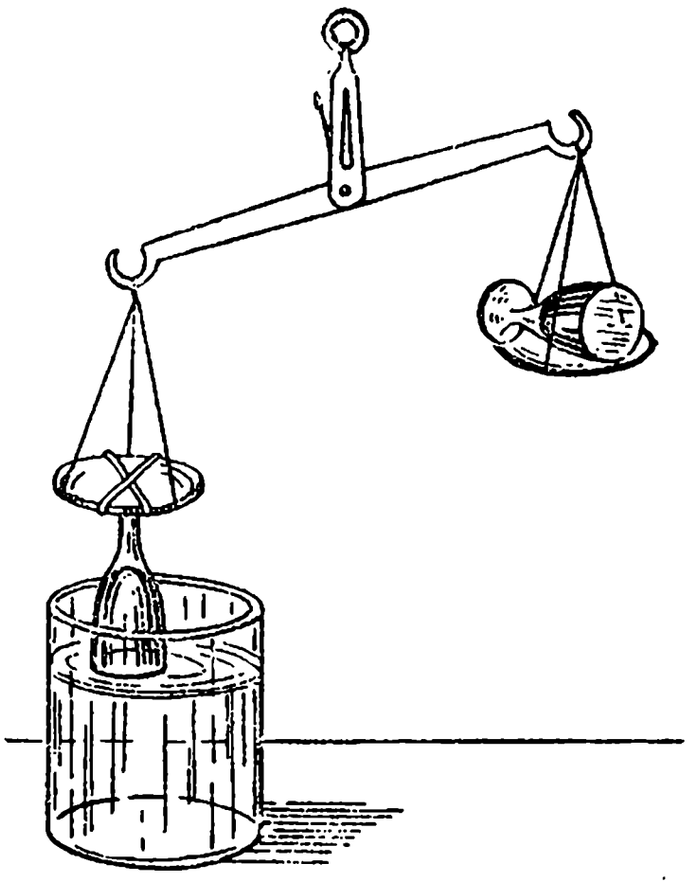


Fig. 64 — Cîntărirea apei în cupa răsturnată.

Care dintre talere se înclină?

Se va înclina acela de care este legată cupa răsturnată cu apă. Asupra acestei cupe se exercită în partea de sus presiunea atmosferică totală, iar în cea de jos presiunea atmosferică slăbită de greutatea apei conținute în cupă. Pentru a restabili echilibrul talerelor, ar trebui umplută cupa de pe celălalt taler.

Prin urmare, în condițiile de mai sus, apa din paharul răsturnat cîntărește tot atît cît și în cel care stă în picioare pe celălalt taler.

DE CE SE ATRAG NAVELE

În toamna anului 1912, cu vaporul oceanic „*O l i m p i c*“ — pe atunci una din navele cele mai mari din lume — s-au întîmplat următoarele: „*O l i m p i c* “ naviga în largul

mării, iar paralel cu el, la o distanță de sute de metri, trecea cu viteză mare o altă navă, mult mai mică, crucișătorul blindat „*G a u k*“. Cînd cele două nave se aflau în poziția din figura 65, s-a petrecut ceva cu totul neașteptat. Nava cea mai mică și-a schimbat brusc direcția, de parcă se supunea unei forțe invizibile, s-a întors cu prora spre nava cea mare și, nesupunîndu-se cîrmei, s-a îndreptat aproape direct spre ea. Navele s-au ciocnit. „*G a u k*“ s-a lovit cu prora de bordul vasului „*O l i m p i c*“; șocul a fost atît de puternic, încît „*G a u k*“ a făcut o spărtură mare în bordul vasului „*O l i m p i c*“.

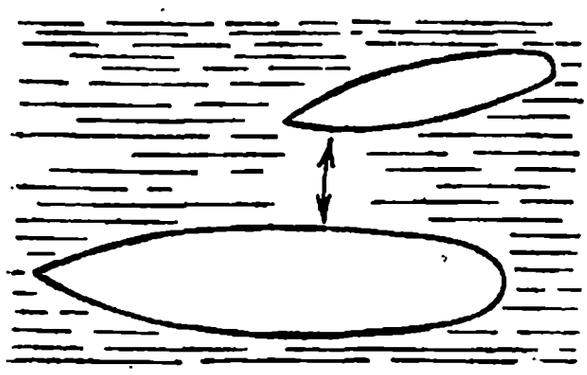


Fig. 65 — Poziția navelor „Olimpic“ și „Gauk“ înainte de ciocnire.

Cînd acest caz ciudat a fost examinat la tribunalul maritim, drept vinovat a fost recunoscut căpitanul giganticului „*O l i m p i c*“, deoarece, după cum arăta hotărîrea tribunalului, el nu a ordonat să i se cedeze drumul navei „*G a u k*“ care-i tăia calea.

Prin urmare, tribunalul nu a observat nimic neobișnuit: doar lipsa de prevedere a căpitanului și atît. Și, cu toate acestea, s-a petrecut ceva cu totul neașteptat: a t r a c ț i a r e c i p r o c ă a n a v e l o r p e mare.

Astfel de cazuri s-au petrecut de multe ori probabil și înainte, cînd două nave navigau paralel. Dar atît timp cît nu se construiau nave foarte mari, acest fenomen nu se manifesta cu o astfel de forță. Cînd apele oceanelor au început să fie brăzdate de „orașele plutitoare“, fenomenul de atracție a navelor a devenit mult mai vizibil; de el țin seama comandanții navelor militare în timpul manevrelor.

Multe dintre accidentele navelor mici care au navigat în vecinătatea celor mari de pasageri și a celor militare au avut loc, probabil, din aceeași cauză.

Cum se explică oare această atracție? Desigur că aici nici nu poate fi vorba de atracție după legea atracției uni-

versale a lui Newton; noi am văzut deja (cap. 4) că această atracție este foarte mică. Cauza fenomenului este de un gen cu totul diferit și se explică prin legile de curgere a lichidelor în tuburi și canale. Se poate demonstra că, dacă lichidul curge printr-un canal care se îngustează și se lărgește, atunci în părțile înguste ale canalului el curge mai repede și presează asupra pereților canalului mai puțin decît în locurile largi, unde curge liniștit și presează asupra pereților mai mult (așa-numitul *principiu al lui Bernoulli*).

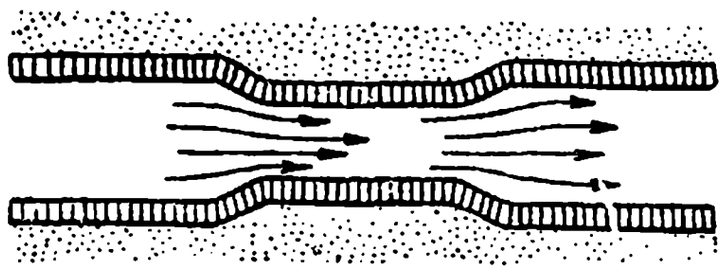


Fig. 66 — În părțile înguste ale canalului apa curge mai repede și apasă pe pereți mai puțin decît în cele largi.

Același lucru este valabil și pentru gaze. În studiul g a z e l o r, acest fenomen poartă denumirea de efect Clément-Désormes, după numele fizicienilor care l-au descoperit, și este denumit adesea *paradox aerostatic*. După cum se spune, acest fenomen a fost descoperit pentru prima dată întîmplător în următoarele împrejurări. Într-una din minele franceze, unui muncitor i s-a ordonat să astupe cu un panou deschizătura galeriei la zi exterioare prin care intra în mină aerul comprimat. Muncitorul a luptat mult timp cu fluxul de aer care pătrunde în mină, dar pe neașteptate panoul a astupat singur galeria cu o astfel de forță, încît dacă panoul era insuficient de mare, el ar fi fost atras în gura de ventilație împreună cu muncitorul speriat. De altfel, prin această particularitate de scurgere a gazelor se explică și funcționarea pulverizatorului, Cînd suflăm (fig. 67) în brațul *a* care se îngustează la capăt, atunci aerul, trecînd în partea îngustată, își reduce presiunea. Astfel, deasupra tubului *b* este aer cu presiune scăzută și de aceea presiunea atmosferei forțează lichidul din pahar să se ridice în tub; lîngă deschizătură, lichidul nimerește în jetul de aer suflat și se pulverizează în el.

Vom înțelege acum în ce constă cauza atracției exercitate între nave. Cînd două vapoare navighează paralel, între ele se formează un fel de canal de apă. În canalul obișnuit,

pereţii acestuia sînt imobili, mişcîndu-se doar apa; aici însă lucrurile stau altfel: este imobilă apa, mişcîndu-se pereţii. Dar aceasta nu schimbă de loc acţiunea forţelor: în locurile înguste ale canalului mobil, apa apasă mai slab asupra pereţilor decît în spaţiul din jurul vapoarelor. Cu alte cuvinte,

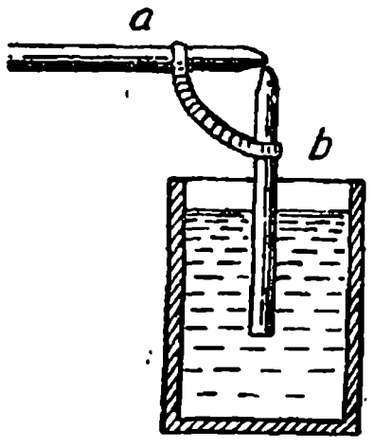


Fig. 67 — Principiul pulverizatorului.

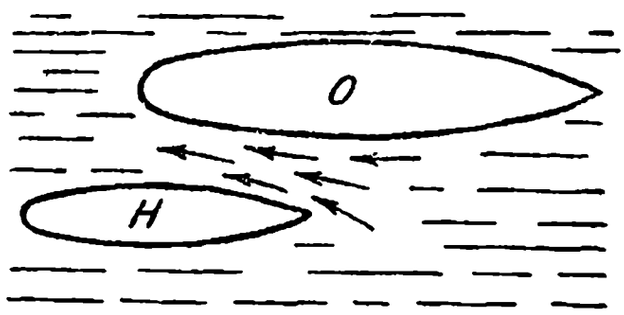


Fig. 68 — Curentul de apă între două nave aflate în mişcare.

acele laturi ale vapoarelor care mărginesc canalul sînt supuse unei presiuni mai mici decît laturile opuse. Ce se întîmplă din această cauză? Navele sînt împinse una spre cealaltă de presiunea apei înconjurătoare şi este firesc ca nava cu volumul mare să pară aproape nemişcată. Iată de ce această atracţie este deosebit de puternică atunci cînd o navă mare trece repede pe lîngă una mică.

Astfel, forţa de atracţie a navelor este un rezultat al acţiunii de absorbţie a apei curgătoare. Tot aşa se explică şi pericolul pe care-l prezintă pentru înotători curenţii iuţi şi vîrtejurile de apă. Se poate calcula că pentru viteza moderată de 1 m pe secundă curentul de apă absoarbe corpul omenesc cu o forţă de 30 kg! Nu este chiar atît de uşor să opui rezistenţă unei astfel de forţe mai ales în apă, unde greutatea proprie a corpului nostru nu ne ajută să ne menţinem stabilitatea. Şi, în sfîrşit, forţa de atracţie a unui tren care se deplasează rapid se explică tot prin principiul lui Bernoulli: dacă trenul se mişcă cu o viteză de 50 km pe oră, el îl atrage pe omul aflat în apropiere cu o forţă de aproximativ 8 kg.

Deşi fenomenele legate de *principiul lui Bernoulli* sînt destul de dese, ele sînt puţin cunoscute în cercurile neiniţiate. De aceea credem că este necesar să ne oprim mai mult asupra

examinării lui. Dăm mai jos un fragment dintr-un articol de popularizare care tratează această temă și care a fost scris de profesorul B. Franklin pentru o revistă de știință popularizată.

PRINCIPIUL LUI BERNOULLI ȘI URMĂRILE LUI

Principiul enunțat pentru prima dată de Daniel Bernoulli în anul 1726 sună astfel: într-un curent de apă sau de aer, presiunea este mare dacă viteza este mică și presiunea este mică dacă viteza este mare. Există anumite limite ale acestui principiu, dar asupra acestora nu ne vom opri aici.

Prin tubul *AB* se suflă aer. Dacă secțiunea tubului este mică, ca în punctul *a*, atunci viteza aerului este mare; acolo însă unde secțiunea este mare, ca în tubul *b*, viteza aerului este mică. Acolo unde viteza este mare, presiunea este mică, iar acolo unde viteza este mică, este mare presiunea. Datorită valorii mici a presiunii în *a*, lichidul din tubul *C* se ridică; în același timp, presiunea mare a aerului în *b* forțează lichidul să coboare în tubul *D*.

În figura 70, tubul *T* este fixat de discul de cupru *DD*; aerul este suflat prin tubul *T* și mai departe pe lîngă discul liber *dd*[1]. Între cele două discuri aerul are o viteză mare,

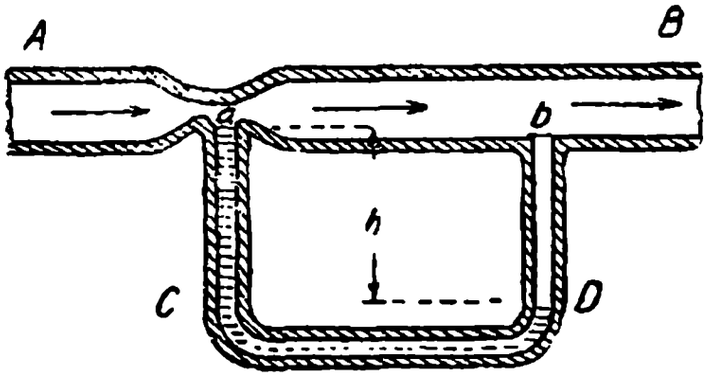


Fig. 69 — Ilustrarea principiului lui Bernoulli. În partea îngustă (*a*) a tubului *AB* presiunea este mai mică decît în cea largă (*b*).

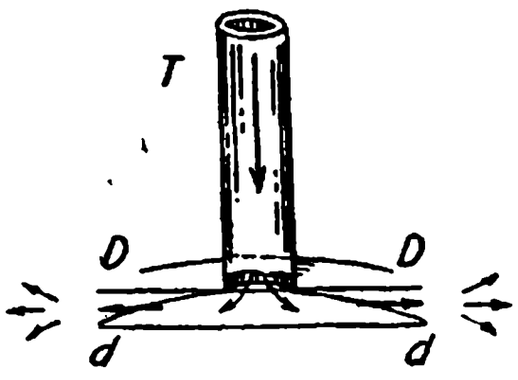


Fig. 70 — Experiența cu discurile.

[1] Aceeași experiență poate fi simplificată, folosind în acest scop un mosorel și un cerc decupat din hîrtie. Ca cercul să nu alunece într-o parte, el trebuie străpuns cu un ac care trece prin canalul mosorelului.

dar această viteză scade repede pe măsură ce se apropie de marginile discurilor, pentru că secţiunea fluxului de aer creşte repede şi este învinsă inerţia aerului care se scurge din spaţiul dintre discuri. Dar presiunea aerului care înconjoară discul este mare pentru că viteza este mică, iar presiunea aerului între discuri este mică pentru că viteza este mare. De aceea aerul care înconjoară discul are o acţiune mai puternică asupra discurilor, căutînd să le apropie, decît curentul de aer dintre discuri, care caută să le depărteze; ca rezultat, discul *dd* se alipeşte de discul *DD* cu atît mai mult, cu cît este mai puternic curentul de aer în *T*.

Figura 71 este analogă figurii 70, doar că aici este folosită apa. Apa care se mişcă rapid pe discul *DD* se află la un nivel scăzut şi se ridică singură pînă la nivelul mai înalt al apei liniştite din bazin, cînd ocoleşte marginile discului. De aceea presiunea apei liniştite de sub disc este mai mare decît cea a apei de deasupra discului, aflată în mişcare, şi, ca rezultat, discul se ridică. Tija *P* nu permite deplasările laterale ale discului.

În figura 72 este reprezentată o sferă uşoară care pluteşte în jetul de aer. Jetul de aer loveşte sfera şi nu-i permite să

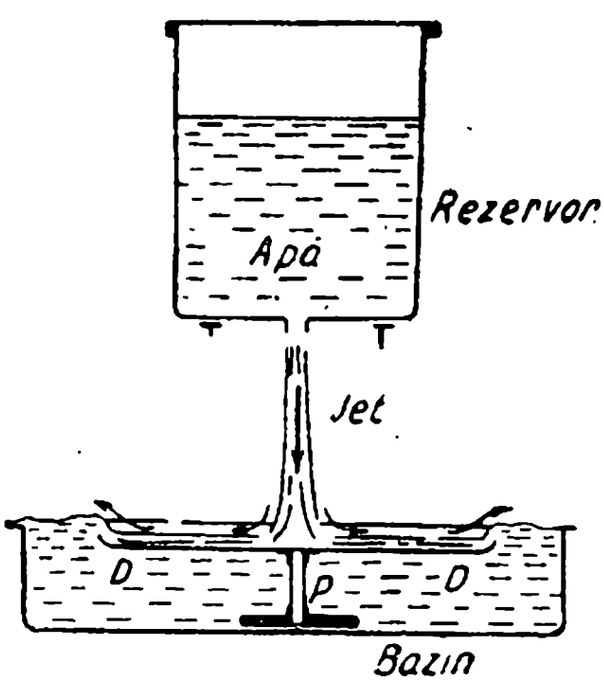


Fig. 71 — Discul *DD* se ridică pe tija *P* cînd pe el cade un curent de apă din rezervor.

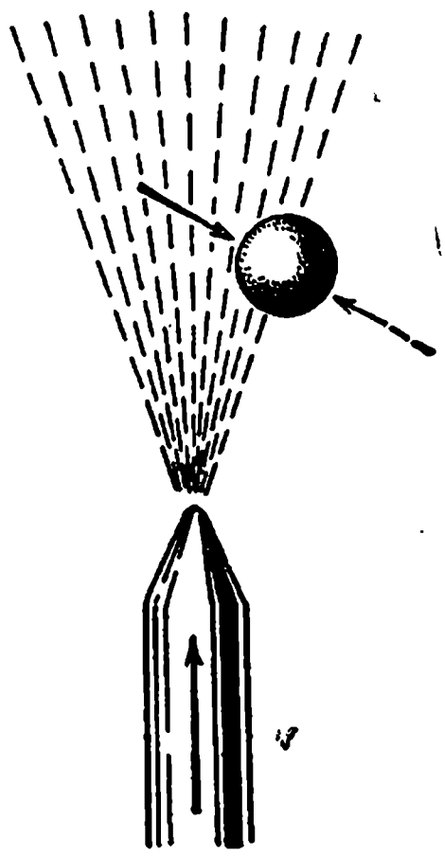


Fig. 72 — O sferă menţinută sus de jetul de aer.

cadă. Cînd sfera iese din raza de acțiune a jetului, aerul înconjurător o forțează să se înapoieze, pentru că presiunea aerului înconjurător (care are o viteză mică) este mare, iar presiunea aerului în jetul cu viteză mare este mică.

În figura 73 sînt reprezentate două nave care navighează alături în apa liniștită sau, ceea ce este același lucru, două

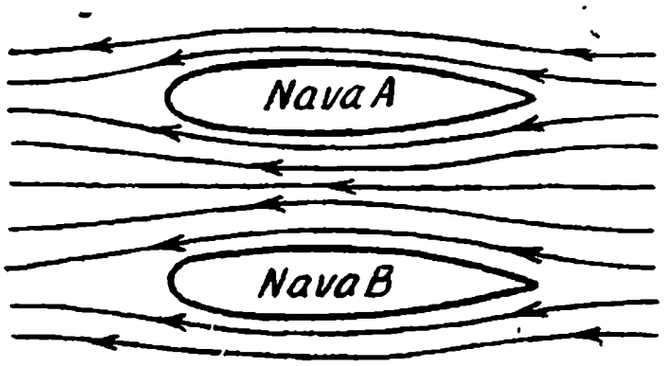


Fig. 73 — Două nave care navighează paralel se atrag parcă.

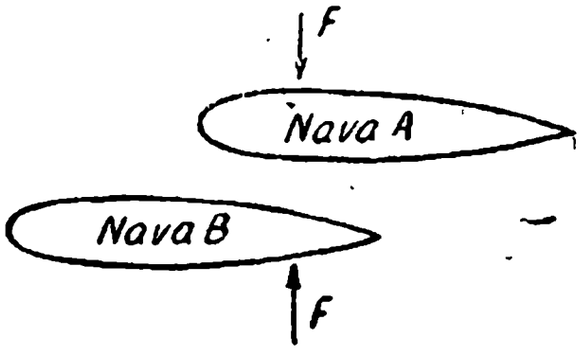


Fig. 74 — Nava *B* tinde să se răsucească cu prora spre nava *A* în condițiile deplasării înainte a celor două nave.

nave apropiate încercuite de apă. Fluxul este îngustat în spațiul dintre nave și în acest spațiu viteza apei este mai mare decît de-a lungul celorlalți pereți ai navelor. De aceea între nave presiunea apei este mai mică decît în părțile opuse; presiunea mai mare a apei care înconjură navele face ca ele să se apropie. Marinarii știu foarte bine că două nave care navighează alături sînt puternic atrase una de cealaltă.

Consecințele pot fi mai neplăcute dacă o navă o urmează pe cealaltă, așa cum este reprezentat în figura 74. Cele două forțe *F*, care apropie navele, caută să le răsucească; nava *B* se întoarce spre *A* cu o forță mare. În astfel de cazuri, ciocnirea este aproape inevitabilă, deoarece cîrma nu reușește să schimbe la timp direcția de deplasare a navei.

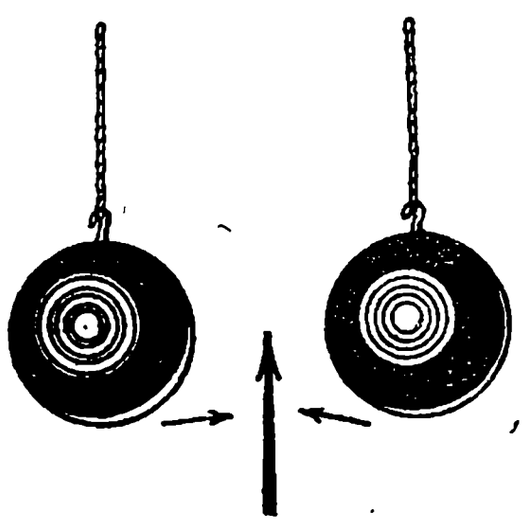


Fig. 75 — Dacă între două sfere ușoare se suflă aer, ele se apropie pînă se ating.

Fenomenul descris în legătură cu figura 73 poate fi demonstrat suflîndu-se aer între două mingi uşoare de cauciuc, suspendate aşa cum este arătat în figura 75. Dacă între ele se suflă aer, mingile se apropie şi se ciocnesc una de alta.

ROLUL VEZICII AERIENE LA PEŞTI

Despre rolul vezicii aeriene la peşti se vorbeşte şi se scrie, de obicei s-ar părea că pe bună dreptate, următoarele. Pentru a se ridica de la adîncime în straturile superioare ale apei, peştele îşi umflă vezica aeriană; atunci volumul corpului lui se măreşte, greutatea volumului de apă dislocată devine mai mare decît propria-i greutate şi, conform legii plutirii, peştele se ridică la suprafaţă. Pentru a înceta urcuşul sau pentru a coborî, peştele îşi contractă vezica aeriană. Astfel volumul corpului şi, cu aceasta, greutatea apei dislocate scad şi peştele coboară la fund, conform legii lui Arhimede.

O astfel de simplificare a explicaţiei, a rolului pe care-l are vezica aeriană îşi trage originea încă de la savanţii Academiei florentine (secolul al XVIII-lea) şi a fost formulată de profesorul Borrelli în 1685. Timp de peste 200 de ani această explicaţie a fost acceptată fără a fi combătută, şi-a găsit un loc trainic în manualele şcolare şi numai prin strădania unor noi cercetători (Moreau, Charbonnel) această teorie a a fost infirmată.

Este incontestabil faptul că vezica are o legătură strînsă cu deplasarea peştilor, pentru că peştilor cărora li s-a extirpat vezica pentru cercetări puteau rămîne în apă numai mişcîndu-şi energic aripioarele şi cădeau la fund îndată ce întrerupeau această mişcare. Care este însă rolul ei adevărat? El este foarte limitat: vezica ajută doar peştii să rămînă la o anumită adîncime, şi anume la aceea unde greutatea apei dislocate de peşte este egală cu greutatea peştelui însuşi. Cînd însă peştele, mişcîndu-şi aripioarele, coboară *s u b* acest nivel, atunci corpul lui, suferind din partea apei o presiune exterioară mare, se contractă, comprimîndu-şi vezica, greutatea volumului de apă dislocată scade şi devine mai mică

decît greutatea peştelui şi atunci el cade rapid spre fund. Cu cît coboară mai mult, cu atît presiunea apei devine mai mare (cu o atmosferă pentru fiecare 10 m), cu atît mai mult este presat corpul peştelui şi cu atît mai rapidă devine coborîrea.

Acelaşi lucru, dar în direcţie opusă, are loc atunci cînd peştele părăseşte stratul în care se afla în echilibru şi se deplasează cu ajutorul aripioarelor în straturile aşezate mai sus. Corpul lui, eliberat de o parte din presiunea exterioară şi presat, ca şi înainte, din interior de vezica aeriană (în care presiunea gazului se află pînă în acel moment în echilibru cu presiunea apei înconjurătoare), creşte ca volum şi de aceea se ridică mai sus. Cu cît peştele se ridică mai sus, cu atît mai mult i se umflă corpul şi, prin urmare, cu atît mai repede are loc mişcarea lui în sus. Peştele nu poate împiedica acest lucru prin „contractarea vezicii", pentru că pereţii acesteia sînt lipsiţi de fibre musculare care să-i poată schimba în mod activ volumul.

Dilatarea p a s i v ă a volumului corpului la peşti este confirmată cu ajutorul următoarei experienţe (fig. 76). Obleţul în stare de narcoză este aşezat într-un vas închis umplut cu apă, în care este menţinută o presiune mărită, apropiată de cea existentă la o anumită adîncime într-un bazin natural. La suprafaţa apei, peştişorul rămîne inert cu burta în sus. Cufundat ceva mai mult, el se ridică din nou la suprafaţă. Plasat mai aproape de fund, cade. Dar în spaţiul dintre ambele niveluri există un strat de apă în care peştişorul rămîne în echilibru: nici nu cade la fund şi nici nu se ridică la suprafaţă. Toate acestea sînt uşor de înţeles dacă ne amintim despre dilatarea şi compresiunea pasivă a vezicii aeriene despre care s-a vorbit mai sus.

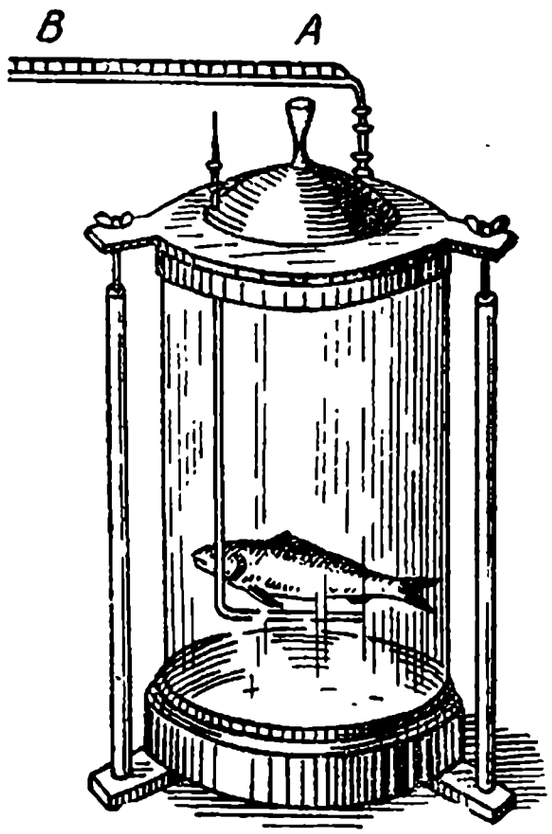


Fig. 76 — Experienţa cu obleţul.

Astfel, contrar părerilor răspîndite, peştele nu-şi poate mări

sau reduce după plac vezica aeriană. Variaţiile volumului lui au loc pasiv, sub acţiunea presiunii exterioare mai mari sau mai mici (conform legii Boyle-Mariotte). Aceste variaţii ale volumului nu numai că nu-i sînt utile peştelui, dar ele îi şi dăunează, pentru că duc ori la căderea accelerată la fund, ori la ridicarea tot atît de rapidă la suprafaţă. Cu alte cuvinte, vezica îl ajută pe peşte să-şi păstreze echilibrul în stare de repaus, dar acest echilibru este i n s t a b i l.

Iată rolul adevărat al vezicii aeriene atunci cînd este vorba de înot; nu se ştie dacă ea mai are şi alte funcţii şi care anume în organismul peştelui, rămînînd deocamdată o enigmă nedezlegată, astfel încît putem considera că în prezent se cunoaşte pe deplin doar rolul ei hidrostatic.

Observaţiile pescarilor confirmă celè spuse. În timpul pescuitului la adîncimi mari, se întîmplă ca unii peşti să se elibereze la jumătatea drumului, dar, contrar aşteptărilor, nu mai coboară în adîncurile din care au fost scoşi, ci, dimpotrivă, se ridică fulgerător la suprafaţă. La asemenea peşti se observă uneori cum vezica iese pe gură.

UNDE ŞI VÎRTEJURI

Multe dintre fenomenele fizice cotidiene nu pot fi explicate pe baza legilor elementare ale fizicii. Chiar un fenomen atît de des observat ca unduirea apelor mării în zilele cu vînt nu poate fi explicată pe deplin în cadrul unui curs de fizică

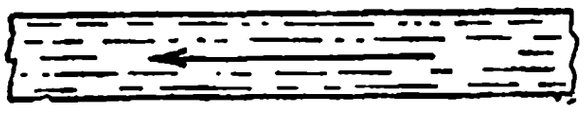


Fig. 77 — Curgerea liniştită, *laminară*, a lichidului în conductă.

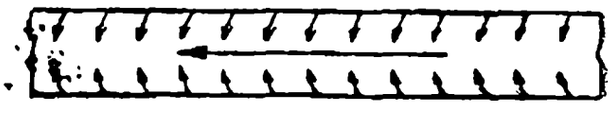


Fig. 78 — Curgerea *turbulentă*, *turbionară*, a lichidului în conductă.

şcolar. Dar cum iau naştere undele care diverg din faţa vaporului care taie apele liniştite? De ce flutură steagurile în zilele cu vînt? De ce nisipul de pe malul mării se aşază în

valuri ușoare? De ce se învolburează fumul care iese din coșurile uzinei?

Pentru a explica acest fenomen și altele asemănătoare, trebuie să cunoaștem particularitățile așa-numitei mișcări *turbionare* a lichidelor și gazelor. Vom încerca să vorbim aici puțin despre fenomenele turbionare și să subliniem caracteristicile lor principale, pentru că în manualele școlare ele sînt amintite doar în treacăt.

Să ne imaginăm un lichid care curge printr-o conductă. Dacă toate particulele de lichid se deplasează de-a lungul ei pe linii paralele, atunci avem de-a face cu forma de mișcare cea mai simplă: liniștită sau, cum o denumesc fizicienii, curgere *laminară*. Dar acesta nu este cazul cel mai des întîlnit. Dimpotrivă, de cele mai dese ori lichidele nu curg liniștit prin conducte; dinspre pereții lor spre axă se formează niște vîrtejuri. Este mișcarea turbionară sau t u r b u l e n t ă. Așa curge, de exemplu, apa prin țevile înguste unde curgerea este laminară. Curgerea turbulentă se constată ori de cîte ori viteza de curgere a lichidului respectiv într-o conductă cu diametrul dat atinge o anumită valoare, așa-numita viteză c r i t i c ă [1].

Vîrtejurile lichidului care curge prin țeavă pot fi făcute vizibile pentru ochi dacă în lichidul transparent care curge printr-un tub de sticlă se introduce puțină pulbere ușoară, de exemplu de licopodiu. Atunci se disting cu ușurință vîrtejurile care merg dinspre pereții tubului spre axa acestuia.

Această particularitate a curgerii turbulente este folosită în tehnică la construirea frigiderelor și a răcitoarelor. Lichidul care curge turbulent în tubul cu pereții răciți își pune mult mai repede particulele în contact cu pereții reci decît atunci cînd mișcarea este liniștită; nu trebuie să uităm că lichidele sînt rău conducătoare de căldură și, dacă nu sînt amestecate, se răcesc și se încălzesc foarte încet. Schimbul de căldură și de substanțe între sînge și țesuturile pe care le alimentează este de asemenea posibil doar pentru că curgerea sîngelui în vasele sanguine este turbulentă și nu laminară. Cele spuse despre conducte se referă în mod egal la cana-

---

[1] Pentru un lichid oarecare, viteza critică este direct proporțională cu viscozitatea lichidului și invers proporțională cu densitatea lui și cu diametrul țevii prin care curge lichidul.

lele deschise și la albiile rîurilor: în canale și în rîuri, apa curge turbulent. La măsurarea exactă a vitezei de curgere a rîului, instrumentul indică pulsații, mai ales, în apropiere de fund: pulsațiile indică variația permanentă a direcției de curgere, adică vîrtejuri. Particulele de apă ale rîurilor nu se deplasează numai de-a lungul albiei, cum își imaginează de obicei cei mai mulți, ci și dinspre maluri spre mijloc. De aceea este greșită afirmația că la fundul rîului temperatura apei este constantă în tot cursul anului, și anume de +4°C; prin amestecare, temperatura apei curgătoare în vecinătatea fundului rîului (nu a lacului) este aceeași ca la suprafață.

Vîrtejurile care se formează la fundul rîului antrenează cu ele nisipul ușor, formînd astfel „valuri" de nisip. Același lucru poate fi văzut și pe malul mării, unde nisipul este spălat de valuri (fig. 78). Dacă în vecinătatea fundului curgerea apei ar fi liniștită, atunci nisipul de pe fundul albiei rîului ar forma o suprafață netedă.

Astfel, în apropierea suprafeței corpului spălat de ape se formează vîrtejuri. Existența lor ne este indicată, de exemplu, de frînghia așezată în lungul cursului apei și care șerpuiește ca în figura 80 (un capăt al frînghiei este legat, iar celălalt lăsat liber). Ce se întîmplă aici? Bucata de frînghie în apropierea căreia s-a format un vîrtej este antrenată de acesta; dar în momentul următor acest sector este cuprins deja de un alt vîrtej cu sens opus, de aici șerpuirea frînghiei (fig. 80).

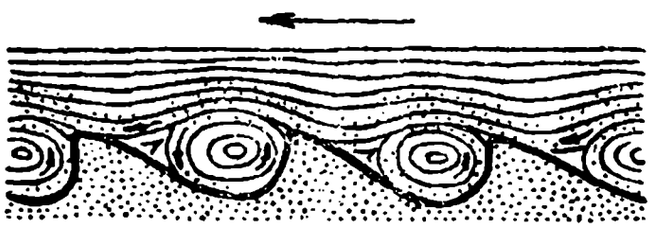


Fig. 79 — Formarea valurilor de nisip pe malul mării prin acțiunea vîrtejurilor de apă.

Fig. 80 — Mișcarea ondulatorie a frînghiei în apa curgătoare se datorește formării vîrtejurilor.

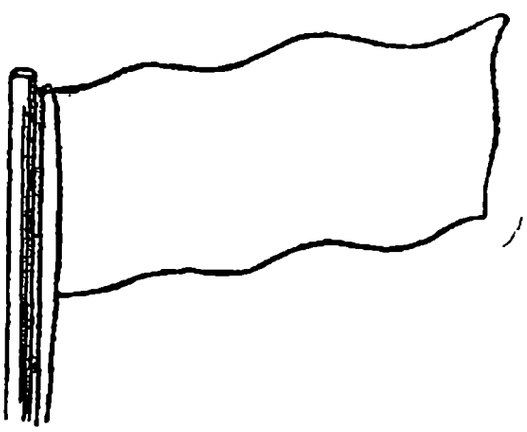


Fig. 81 — Un steag ce fluturã în vînt.

De la lichide să trecem la gaze, de la apă la aer. Cine nu a văzut cum vîrtejurile de aer antrenează praful, paiele etc. de pe pămînt? Acestea sînt manifestări ale curgerii turbulente a aerului de-a lungul suprafeţei Pămîntului. Iar atunci cînd aerul circulă de-a lungul suprafeţei apei, în locurile de formare a vîrtejurilor, datorită faptului că aici scade presiunea aerului, apa se ridică ca o cocoaşă: se formează valul. Aceeaşi este cauza formării valurilor de nisip în deşerturi şi pe pantele dunelor (fig. 82).

Acum este uşor de înţeles de ce flutură steagul în vînt; cu el lucrurile se petrec ca şi cu frînghia în apa curgătoare. Placa rigidă a giruetei nu-şi păstrează neschimbată poziţia în zilele cu vînt, ci se mişcă mereu, supunîndu-se capriciilor vîrtejurilor. Aceeaşi origine turbionară au şi valurile de fum care ies din coşurile fabricilor: gazele formate prin ardere se scurg prin coş într-o mişcare turbulentă, care, prin inerţie, continuă cîtva timp şi dincolo de pereţii coşului (fig. 83).

Fig. 82 — Suprafaţa ondulată a nisipurilor din deşert.

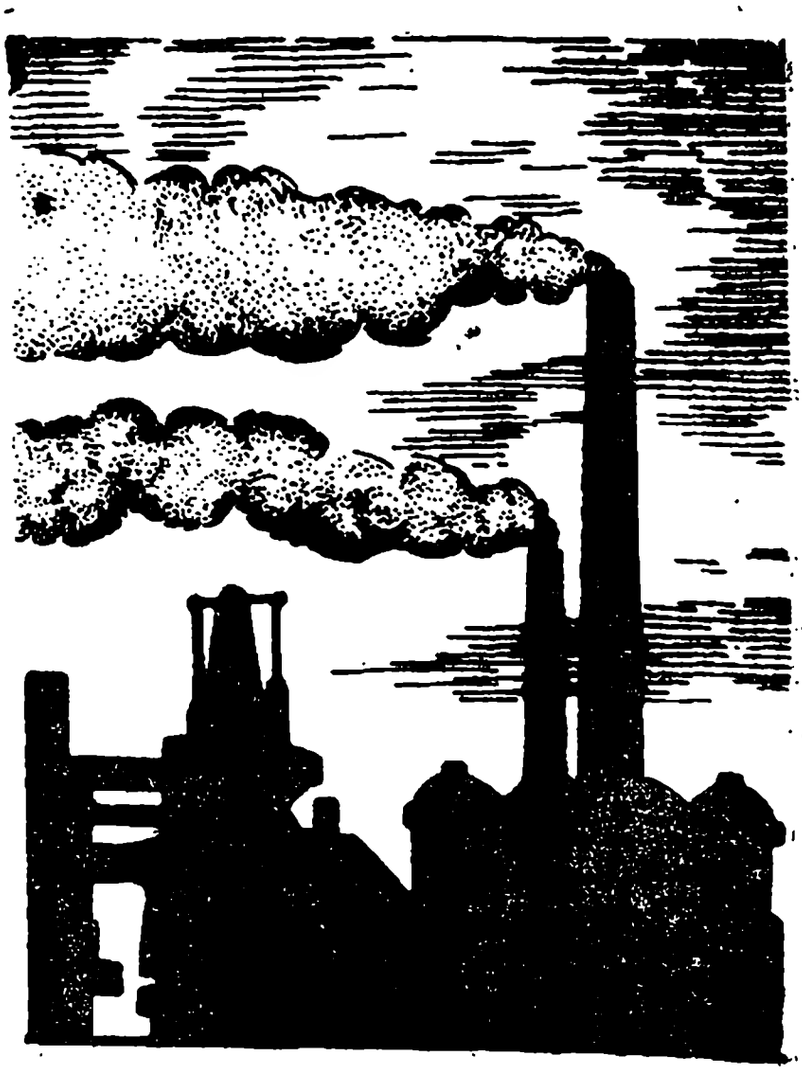


Fig. 83 — Valurile de fum care ies din coşurile uzinelor.

Mare este importanţa mişcării turbulente a aerului pentru aviaţie. Aripile avionului se construiesc astfel încît locul unde aerul de sub aripă se rarefiază să fie umplut cu substanţa aripii, iar acţiunea turbulentă de deasupra aripii se intensifică. Ca rezultat, aripa este susţinută dedesubt, iar

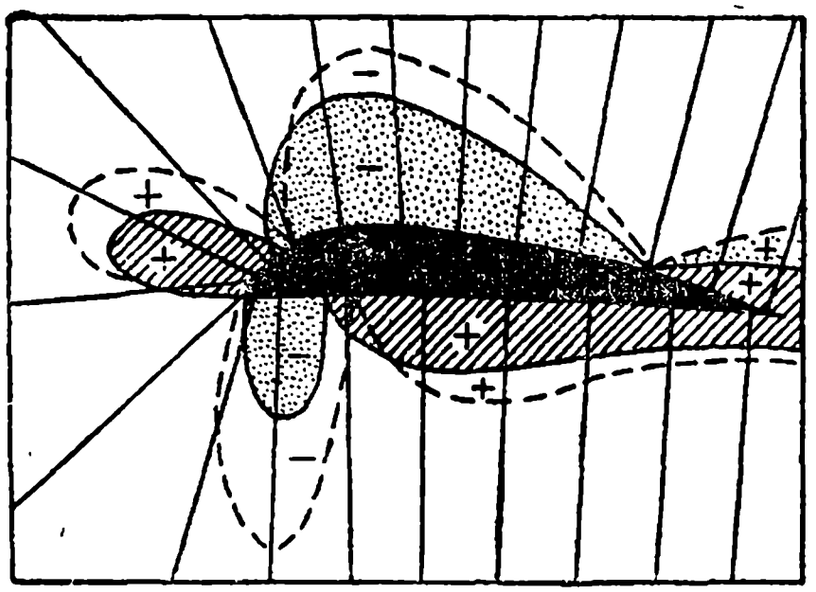


Fig. 84 — Forţele care acţionează asupra aripii avionului. Distribuţia presiunilor (+) şi a rarefierilor (—) aerului de-a lungul aripii, constatată pe bază experimentală. Ca rezultat al tuturor forţelor aplicate, de susţinere şi de aspirare, aripa este antrenată în sus. (Liniile pline arată distribuţia presiunilor; liniile punctate acelaşi lucru, cînd viteza de zbor creşte brusc.)

în partea de sus este asigurată (fig. 84). Fenomene asemănătoare au loc şi la plutirea în aer a păsării cu aripile întinse.

Cum acţionează vîntul care suflă asupra acoperişului? Vîrtejurile creează deasupra acoperişurilor porţiuni cu aer rarefiat; căutînd să egalizeze presiunea, aerul de sub acoperiş, antrenat în sus, apasă asupra acestuia. În final are loc ceea ce, din păcate, se observă destul de des: acoperişul uşor, nefixat bine, este smuls de vînt. Tot din această cauză, geamurile mari ale ferestrelor plesnesc, cînd suflă un vînt mai mare, din interior spre exterior (şi nu invers).

Dar aceste fenomene se explică mai simplu prin reducerea presiunii în aerul aflat în mişcare (vezi mai sus „Principiul lui Bernoulli"). Cînd două fluxuri de aer cu temperatură şi umiditate diferite curg unul de-a lungul celuilalt, în fiecare dintre ele se produc vîrtejuri. Formele variate ale norilor se explică în mare măsură prin această cauză.

Vedem deci cît de larg este cercul de fenomene care e legat de curenţii turbulenţi.

Nici un om n-a pătruns încă în adîncul Pămîntului mai mult de 3,3 km, în timp ce raza globului pămîntesc este de 6 400 km. Pînă la centrul Pămîntului rămîne încă o cale foarte lungă. Cu toate acestea, inventivul Jules Verne şi-a coborît eroii la o mare adîncime spre centrul Pămîntului. Este vorba de profesorul Lidenbrock şi de nepotul său Axel. În romanul *O călătorie spre centrul Pămîntului*, el a descris uimitoarele aventuri ale acestor călători subterani. Printre curiozităţile întîmpinate aici era, de altfel, şi creşterea densităţii aerului. Pe măsură ce urcăm, aerul se rarefiază foarte repede: densitatea lui scade în progresie geometrică, în timp ce înălţimea de ridicare creşte în progresie aritmetică. Dimpotrivă, coborînd sub nivelul oceanului, sub presiunea straturilor de deasupra, aerul trebuie să devină tot mai dens. Desigur că au remarcat acest lucru călătorii subterani ai lui Jules Verne.

Iată ce discuţie a avut loc între savant şi nepotul acestuia la o adîncime de 12 leghe (48 km) sub pămînt.

„— Şi acum cercetează manometrul. Ce arată?

— O presiune foarte mare.

— Bine. Coborînd încetişor, ne-am obişnuit puţin cîte puţin cu densitatea acestei atmosfere şi de aceea nu ne mai supără de loc.

— E adevărat, doar că uneori mai simt dureri în urechi.

— Asta nu-i nimic; poţi face să înceteze durerile respirînd mai des. În chipul acesta pui în comunicaţie aerul din afară cu cel din plămîni.

— Strașnic! am strigat eu, fiind cu totul hotărît să nu-l mai contrazic. De altfel e o adevărată plăcere să te simţi cufundat într-o atmosferă mai densă. N-ai observat cu ce intensitate se propagă sunetul?

— Ba cum să nu! Pînă şi un surd ar auzi aici. Şi-ncă perfect!...

— Şi această densitate va creşte, nu-i aşa?

— Da, conform unei legi prea puţin fixe. Dar tot atît de adevărat e că intensitatea presiunii va descreşte pe măsură ce vom coborî. Doar ştii singur că apăsarea atmosferei e mai

mare la suprafaţa pămîntului şi că în centrul globului obiectele nu mai au greutate.

— Ştiu, dar spune-mi, te rog, aerul acesta nu va sfîrşi prin a căpăta densitatea apei?

— Desigur, sub presiunea a 710 atmosfere.

— Şi dacă vom coborî mai jos?

— Atunci densitatea va creşte şi mai mult.

— Şi-n cazul acesta cum coborîm?

— Foarte simplu. O să ne punem pietre în buzunar.

— Drept să spun, unchiule, mă uimeşti; dumneata găseşti răspuns la orice întrebare.

N-am îndrăznit să merg mai departe pe tărîmul ipotezelor, căci m-aş fi lovit de altă imposibilitate, care l-ar fi făcut pe profesor să sară în sus. Era însă destul că, la o presiune care putea atinge mai multe mii de atmosfere, aerul va sfîrşi prin a trece în stare solidă, şi atunci, admiţînd chiar că corpurile noastre ar rezista, vom fi nevoiţi să ne oprim, în ciuda tuturor raţionamentelor din lume".

FANTEZIE ŞI MATEMATICĂ

Aşa ne povesteşte romancierul, dar tabloul se schimbă dacă verificăm faptele despre care se vorbeşte în acest fragment. Pentru aceasta nu este nevoie să coborîm spre centrul Pămîntului; pentru mica noastră excursie în domeniul fizicii este suficient să dispunem de hîrtie şi de creion.

Încercăm înainte de toate să stabilim la ce adîncime trebuie să coborîm pentru ca presiunea atmosferică să crească cu a 1 000-a parte. Presiunea atmosferică normală este egală cu greutatea unei coloane de mercur de 760 mm. Dacă am fi fost scufundaţi în mercur şi nu în aer, atunci ar fi trebuit să coborîm doar cu $\frac{760}{1\,000} = 0{,}76$ mm ca presiunea să crească cu o miime. Este de la sine înţeles că în aer trebuie să coborîm la o adîncime mult mai mare, şi anume de atîtea ori de cîte ori aerul este mai uşor decît mercurul: de 10 500 de ori. Prin urmare, pentru ca presiunea să crească cu o a 1 000-a

parte din cea normală, trebuie să coborîm cu 0,76 × 10 500, adică cu aproape 8 m. La fiecare coborîre cu 8 m, presiunea crește cu o miime din mărimea sa [1]. Oricare ar fi nivelul la care ne-am afla — lîngă „plafonul lumii“ (22 km), pe culmile muntelui Everest (9 km) sau în apropierea suprafeței oceanului — trebuie să coborîm cu 8 m pentru ca presiunea atmosferică să crească cu o miime din valoarea inițială. Prin urmare, se obține următorul tabel de creștere a presiunii aerului o dată cu adîncimea:

— la nivelul Pămîntului, presiunea 760 mm = normală
— la adîncimea de 8 m presiunea = 1,001 din normală
— la adîncimea de 2 × 8 m presiunea = $(1,001)^2$ din normală
— la adîncimea de 3 × 8 m presiunea = $(1,001)^3$ din normală
— la adîncimea de 4 × 8 m presiunea = $(1,001)^4$ din normală

Și, în general, la adîncimea de $n \times 8$ m, presiunea atmosferică este mai mare decît cea normală de $(1,001)^n$ ori și, atît timp cît presiunea nu este prea mare, tot de atîtea ori va crește și densitatea aerului (legea lui Mariotte).

Menționăm că în cazul de față este vorba, după cum se vede din roman, despre o coborîre în adîncurile Pămîntului cu numai 48 km, de aceea slăbirea forței de gravitație și, legat de aceasta, scăderea greutății aerului pot fi neglijate.

Acum se poate calcula cu aproximație cît de mare era presiunea pe care o suportau călătorii lui Jules Verne la adîncimea de 48 km (48 000 m). În formula noastră $n = \frac{48\,000}{8} = 6\,000$. Trebuie să calculăm $1,001^{6000}$ Deoarece a înmulți 1,001 de 6 000 de ori cu el însuși este o ocupație destul de plictisitoare și care necesită prea mult timp, ne vom servi de logaritmi, despre care Laplace a spus pe bună dreptate că ei, reducînd cantitatea de muncă, dublează viața

[1] Următorul strat de 8 m de aer este mai dens decît cel precedent, de aceea plusul de presiune va fi mai mare în valoare absolută decît în stratul precedent. Dar el și trebuia să fie mai mare, pentru că aici se ia a 1 000-a parte din valoarea cea mai mare.

calculatorilor [1]. Logaritmînd, obţinem că logaritmul necunoscutei este egal cu

$$6\,000 \times \lg 1{,}001 = 6\,000 \times 0{,}00043 = 2{,}6.$$

Cu ajutorul logaritmului 2,6 găsim numărul căutat: el este egal cu 400.

Astfel, la o adîncime de 48 km, presiunea atmosferică este de 400 de ori mai mare decît cea normală; după cum au arătat experienţele, la o astfel de presiune densitatea aerului devine de 315 ori mai mare. De aceea este îndoielnică afirmaţia călătorilor noştri că ei nu simt decît „dureri în urechi"... Dar în romanul lui Jules Verne se spune că oamenii au coborît la adîncimi şi mai mari: la 120 şi chiar la 325 km. La o astfel de adîncime presiunea aerului ar fi trebuit să atingă valori uriaşe; omul însă nu poate suporta, fără pericol pentru sănătatea lui, mai mult de 3—4 atmosfere.

Dacă am calcula cu ajutorul aceleiaşi formule adîncimea la care aerul devine tot atît de dens ca şi apa, adică de 770 de ori mai dens, atunci am obţine valoarea de 53 km. Dar rezultatul acesta nu e corect, pentru că la presiuni mari densitatea gazului nu mai este proporţională cu presiunea. Legea lui Mariotte este valabilă doar pentru valorile nu prea mari ale presiunilor, care nu depăşesc o sută de atmosfere.

Iată datele despre densitatea aerului obţinute pe cale experimentală:

Presiunea	*Densitatea*
200 atmosfere	190
400 atmosfere	315
600 atmosfere	387
1 500 atmosfere	513
1 800 atmosfere	540
2 100 atmosfere	564

[1] Cei care din şcoală încă au un oarecare resentiment faţă de tabelele de logartimi îşi vor revizui, poate, această atitudine cînd vor citi caracterizarea făcută de marele astronom francez. Iată pasajul respectiv din *Expunerea sistemului universal*. „Descoperirea logaritmilor, reducînd calculele care necesitau luni de zile la o muncă de numai cîteva zile, dublează parcă viaţa astronomilor şi-i absolvă de greşelile şi de oboseala care însoţesc în mod inevitabil astfel de calcule. Această descoperire face cu atît mai mult cinste creierului omenesc, cu cît ea este în întregime un rod al acestui izvor (adică al creierului). Pentru a-şi spori puterea, omul foloseşte în tehnică materialele şi forţele oferite de natura înconjurătoare; în logaritmi însă, totul este un rezultat al propriului lui creier".

După cum vedem, creșterea densității rămîne cu mult în urma creșterii presiunii. Prin urmare, Jules Verne aștepta zadarnic să atingă adîncimea la care aerul este mai dens decît apa, pentru că aerul capătă densitatea apei numai la o presiune de 3 000 de atmosfere, iar mai departe nu se mai comprimă aproape de loc. Iar despre trecerea aerului în stare solidă doar prin creșterea presiunii fără răcire puternică (sub — 146°C), nici nu poate fi vorba.

Trebuie totuși să nu uităm că romanul de mai sus al lui Jules Verne a apărut cu mult înainte de a se cunoaște faptele menționate de noi. Aceasta justifică eroarea autorului.

Recurgem încă o dată la formula de mai sus pentru a calcula adîncimea maximă a minei în care poate rămîne un om fără a-și periclita sănătatea. Presiunea atmosferică maximă pe care o poate suporta organismul nostru este de 3 atmosfere. Notînd cu x adîncimea căutată a minei, obținem ecuația

$$(1{,}001)^{\frac{x}{8}} = 3,$$

de unde (logaritmînd) îl calculăm pe x. Obținem $x = 8{,}9$ km, adică aproape 9 km. Dacă ar seca dintr-o dată Oceanul Pacific, atunci oamenii ar putea locui aproape pe întregul întins al fundului lui.

ÎNTR-O MINĂ ADÎNCĂ

Cine s-a apropiat cel mai mult de centrul Pămîntului (nu în fantezia romancierului, ci în realitate)? Bineînțeles că minerii. Știm deja (vezi capitolul 4) că mina cea mai adîncă din lume se găsește în Africa de sud. Ea are o adîncime de peste 3 km. Aici nu se are în vedere adîncimea la care s-a ajuns cu ajutorul sapei de foraj și care atinge 7,5 km, ci adîncimea la care au pătruns înșiși oamenii. Iată ce povestește, de exemplu, despre mina Morro Velho (cu adîncimea de 2 300 m) scriitorul francez L. Durtin, care a vizitat-o personal:

„Cunoscutele mine de aur Morro Velho se află la 400 km de Rio de Janeiro. După o călătorie de 16 ore cu trenul printr-o

regiune stîncoasă, coborîţi într-o vale adîncă, înconjurată de junglă. Aici compania engleză exploatează zăcămintele aurifere la o adîncime la care omul nu a mai coborît niciodată pînă acum.

Vîna de aur este plasată oblic şi coboară spre adîncime. Mina este aşezată de-a lungul ei, formînd şase nivele. Vertical sînt aşezate puţurile, orizontal tunelurile. Pentru societatea modernă este foarte caracteristic faptul că mina cea mai adîncă săpată în scoarţa Pămîntului — încercarea cea mai îndrăzneaţă a omului de a pătrunde în adîncurile planetei noastre — este un rezultat al căutării febrile a aurului.

Puneţi-vă haina de protecţie. Atenţie: cea mai mică pietricică căzută în puţ vă poate răni. Vom fi însoţiţi de unul dintre „căpitanii" minei. Pătrundeţi în primul tunel, care este bine luminat. Sînteţi cuprins de un tremur, datorat unui vînt rece de 4°C: este efectul ventilaţiei instalate pentru condiţionarea aerului în nivelurile inferioare ale minei.

După ce aţi coborît într-o colivie de metal cei 700 m ai primului puţ, ajungeţi în cel de-al doilea tunel. Coborîţi în cel de-al doilea puţ; aerul devine mai cald. Vă aflaţi deja sub nivelul mării.

Începînd cu următorul puţ, aerul vă frige obrazul. Inundaţi de sudoare, aplecaţi sub tavanul jos, porniţi în direcţia din care se aude vuietul maşinilor de sfredelit. Într-un nor dens de praf lucrează oameni goi; sudoarea curge gîrlă, damigeana de apă circulă neîncetat din mînă în mînă. Nu atingeţi bucăţile de minereu desprinse chiar acum: temperatura lor este de 57°C.

Şi care este rezultatul acestei realităţi îngrozitoare, monstruoase? — Aproximativ 10 kg de aur pe zi...".

Descifrînd condiţiile fizice de la fundul minei şi gradul de exploatare al muncitorilor de aici, scriitorul francez menţionează temperatura înaltă fără a pomeni nimic despre presiunea crescută a aerului. Să calculăm care este această presiune la adîncimea de 2 300 m. Dacă temperatura ar rămîne aceeaşi ca la suprafaţa Pămîntului, atunci, în conformitate cu formula care ne este deja cunoscută, densitatea aerului ar creşte de

$$(1{,}001)^{\frac{2300}{8}} = 1{,}33 \text{ ori.}$$

În realitate însă temperatura nu rămîne constantă, ci crește.

De aceea densitatea aerului crește mai puțin. În ultima instanță, aerul de la fundul minei diferă, în ce privește densitatea, de aerul de la suprafața Pămîntului cu puțin mai mult decît aerul unei zile calde de vară de aerul rece al iernii. Înțelegem acum de ce acest fenomen nu a fost observat de vizitatorul minei.

În schimb, o mare importanță are umiditatea mare a aerului din minele atît de adînci; această umiditate face ca, la o temperatură înaltă, rămînerea în mină să devină imposibilă. Într-una din minele sudafricane (Johannesburg), cu adîncimea de 2 553 m, umiditatea aerului la 50°C devine de 100%; în prezent aici se amenajează așa-numita „climă artificială", iar acțiunea de răcire a instalației este echivalentă cu cea a 2 000 de tone de gheață.

SPRE MARILE ÎNĂLȚIMI CU STRATOSTATELE

În paragrafele de mai sus am întreprins călătorii imaginare spre centrul Pămîntului, și aceasta cu ajutorul formulei care dă presiunea aerului în funcție de adîncime. Vom încerca să ne înălțăm deasupra planetei noastre și, folosind aceeași formulă, să vedem cum variază presiunea aerului la înălțimi mari. Pentru acest caz, formula devine

$$p = 0{,}999^{\frac{h}{8}},$$

unde p este presiunea în atmosfere și h înălțimea în metri. Aici fracția 0,999 a înlocuit pe 1,001 pentru că la deplasarea în sus cu 8 m presiunea nu crește, ci scade cu 0,001.

Pentru început rezolvăm următoarea problemă: cît de sus trebuie să ne înălțăm pentru ca presiunea aerului să se micșoreze de două ori?

Pentru aceasta, înlocuim p cu valoarea 0,5 și calculăm h. Obținem ecuația

$$0{,}5 = 0{,}999^{\frac{h}{8}},$$

a cărei rezolvare nu prezintă nici o greutate pentru cititorii obișnuiți să folosească logaritmii. Răspunsul, $h = 5{,}6$ km, dă înălțimea la care presiunea atmosferică ar trebui să scadă la jumătate.

Ne înălțăm acum și mai sus, la 19 și 22 km. Aceste straturi atmosferice se află deja în regiunea „stratosferei". De aceea și baloanele care sînt lansate la aceste înălțimi nu se mai numesc aerostate, ci „stratostate".

Încercăm să calculăm care este presiunea atmosferică la aceste înălțimi.

Pentru înălțimea de 19 km găsim că presiunea aerului trebuie să fie:

$$0{,}999^{\frac{19\,000}{8}} = 0{,}095 \text{ atm} = 72 \text{ mm}.$$

Pentru înălțimea de 22 km:

$$0{,}999^{\frac{22\,000}{8}} = 0{,}066 \text{ atm} = 50 \text{ mm}.$$

Dar, examinînd însemnările celor ce s-au ridicat cu stratostatele, vedem că la înălțimile menționate au fost constatate alte presiunii: la înălțimea de 19 km 50 mm, iar la 22 km 45 mm.

De ce oare calculele nu sînt confirmate? Unde am greșit oare?

La presiuni atît de mici, legea lui Mariotte este pe deplin valabilă, dar de data aceasta am făcut o altă greșeală: am considerat că temperatura aerului este constantă în întregul strat de 20 km în timp ce ea scade destul de repede o dată cu creșterea înălțimii. În medie se consideră că temperatura scade la fiecare kilometru cu 6,5°C; astfel stau lucrurile pînă la înălțimea de 11 km, unde temperatura este de — 56°C, iar apoi, pe o distanță destul de mare, ea rămîne constantă.

Dacă ținem seama de acest fapt (pentru care sînt deja insuficiente metodele matematicii elementare), atunci se obțin rezultate mai apropiate de cele reale. Din aceeași cauză, rezultatele calculelor anterioare cu privire la presiunea aerului la mari adîncimi trebuie privite și ele ca aproximative.

Capitolul 7

FENOMENELE CALORICE

EVANTAIUL

Cînd femeile își fac vînt cu evantaiul, ele au, desigur, o senzaţie de răcoare. S-ar părea că această preocupare este cu totul inofensivă pentru toţi ceilalţi din încăpere şi că cei prezenţi nu pot fi decît recunoscători acestor femei pentru faptul că răcoresc aerul din sală.

Să vedem dacă într-adevăr lucrurile stau astfel. De ce simţim răcoare atunci cînd este agitat evantaiul? Aerul din imediata vecinătate a obrazului nostru se încălzește, și această mască aeriană caldă ne învăluie invizibil faţa, pe care o „încălzește", împiedicînd pierderea de căldură. Dacă în jurul nostru aerul este nemișcat, atunci stratul de aer încălzit în apropierea obrazului este împins foarte încet în sus de aerul neîncălzit, care este mai greu. Cînd însă, cu ajutorul evantaiului, împrăștiem masca de aer cald, atunci faţa vine în contact cu cantităţi mereu noi de aer neîncălzit şi le cedează neîntrerupt căldura ei; corpul nostru se răcește și avem senzaţia de răcoare.

Prin urmare, agitîndu-şi evantaiele, femeile îndepărtează într-una aerul încălzit din preajma feţei, înlocuindu-l cu aer neîncălzit; după ce s-a încălzit şi acest aer, el este înlocuit cu alt aer neîncălzit ş.a.m.d.

Agitarea evantaiului accelerează amestecarea aerului şi contribuie la egalizarea mai rapidă a temperaturii aerului în sala întreagă, adică o răcoreşte pe posesoarea evantaiului, reducînd totodată răcoarea aerului care-i înconjură pe ceilalţi din asistenţă. Pentru acţiunea evantaiului mai are importanţă şi un alt factor, despre care vom vorbi mai jos.

DE CE ESTE MAI RĂCOARE CÎND E VÎNT?

Ştim, desigur, cu toţii că în zilele fără vînt frigul este suportat mult mai uşor decît în cele cu vînt. Dar nu toată lumea îşi dă perfect seama care este cauza acestui fenomen. Numai *f i i n ţ e l e v i i* resimt gerul mai mult atunci cînd este vînt; termometrul nu indică în această situaţie o temperatură mai scăzută. Senzaţia de frig sporit în zilele geroase cu vînt se explică înainte de toate prin faptul că în aceste condiţii faţa (şi în general corpul) pierd mult mai multă căldură decît în zilele fără vînt, cînd aerul încălzit de corp nu este atît de repede înlocuit de alte cantităţi de aer rece. Cu cît este vîntul mai puternic, cu atît este mai mare masa de aer care reuşeşte în decursul fiecărui minut să vină în contact cu pielea şi, prin urmare, cu atît mai mare este cantitatea de căldură cedată în fiecare minut de corpul nostru. Şi aceasta este suficient pentru a da senzaţia de frig.

Mai este însă şi o altă cauză. De pe pielea noastră se evaporă mereu umezeala, chiar şi în aerul rece. Pentru evaporare însă este nevoie de căldură; această căldură este dată de corpul nostru şi de stratul de aer care se află în imediata-i apropiere. Dacă aerul este nemişcat, atunci procesul de evaporare decurge încet, deoarece stratul de aer din vecinătatea imediată a pielii este curînd saturat cu vapori (în aerul saturat cu umiditate nu are loc un proces de evaporare intensă). Dacă aerul este agitat şi faţa vine în contact cu cantităţi mereu noi de

aer, atunci evaporarea rămîne mereu foarte abundentă, iar aceasta necesită un consum mare de căldură care este cedată de corpul nostru.

Cît de mare este acțiunea de răcire a vîntului? Ea depinde de viteza lui și de temperatura aerului; în general, ea este mult mai mare decît se crede de obicei. Să luăm un exemplu care ne va arăta cît de mare poate să fie această răcire. Presupunem că temperatura aerului este de + 4°C și că nu e nici un fel de vînt. În aceste condiții, temperatura pielii noastre este de 31°C. Dacă adie însă un vînt ușor, care abia agită steagurile și nici nu clintește frunzișul (viteza de 2 m pe secundă), atunci pielea se răcește cu 7°C; cînd vîntul face ca steagurile să fluture (viteza de 6 m pe secundă), atunci pielea se răcește cu 22°C: temperatura ei scade pînă la 9°C!

Așadar, este insuficient să cunoaștem numai temperatura pentru a ne da seama cum vom rezista gerului; trebuie să ținem seama și de viteza vîntului. În general același ger este mai greu de suportat la Leningrad decît la Moscova, pentru că pe țărmurile Mării Baltice viteza medie a vîntului este de 5—6 m/s, iar la Moscova numai 4,5 m/s. Gerul este și mai ușor de suportat în regiunile de dincolo de Baikal, unde viteza medie a vîntului este doar de 1,3 m. Renumitele geruri din Siberia răsăriteană sînt resimțite mai puțn decît credem noi, care sîntem obișnuiți în Europa cu vînturi destul de puternice; Siberia răsăriteană se caracterizează printr-o lipsă aproape totală a vîntului, mai ales în timpul iernii.

SUFLUL FIERBINTE AL DEȘERTULUI

„Prin urmare, și într-o zi călduroasă vîntul trebuie să răcorească —, va spune, poate, cititorul, citind paragraful de mai sus. — De ce însă, în cazul acesta, călătorii vorbesc despre s u f l u l f i e r b i n t e al deșertului?“

Contradicția se explică prin faptul că în clima tropicală aerul este m a i c a l d d e c î t c o r p u l n o s t r u. Nu este deci de mirare că acolo, cînd bate vîntul, nu este mai răcoare, ci mai cald. Căldura nu mai este transmisă de la corp

la aer, ci, invers, aerul încălzește corpul omenesc. De aceea, cu cît este mai mare masa de aer care reușește să vină în contact cu corpul, cu atît este mai puternică senzația de căldură. Este drept că și aici evaporarea este accelerată de vînt, dar prima cauză prevalează. Iată de ce locuitorii deșertului, de exemplu turkmenii, poartă halate călduroase și căciuli de blană.

ÎNCĂLZEȘTE OARE VOALUL?

Iată încă o problemă din fizica vieții cotidiene. Femeile afirmă că voalul încălzește, că fără el fața îngheață. Privind țesătura ușoară a voalului, care adesea are ochiuri destul de mari, bărbații nu prea sînt înclinați să creadă în astfel de afirmații și socot că acțiunea calorică a voalului este doar un joc al imaginației.

Dar dacă vă veți aminti cele spuse mai sus, atunci veți privi cu mai multă încredere afirmația purtătoarelor de voal. Oricît de mari ar fi ochiurile voalului, printr-o astfel de țesătură aerul trece totuși cu o oarecare încetineală. Stratul de aer reținut de voal care aderă direct la piele și, încălzindu-se, servește drept o mască de aer cald nu este atît de repede împrăștiat de vînt ca în lipsa voalului. De aceea nu există nici o bază pentru a ne îndoi de buna-credință a femeilor cînd ele afirmă că, la un ger nu prea mare și la un vînt slab, fața îngheață în timpul mersului sub voal mai puțin decît fără el.

URCIOARELE RĂCITOARE

Dacă nu ați avut ocazia de a vedea astfel de urcioare, atunci, probabil, ați auzit sau ați citit despre ele. Aceste vase din lut nears posedă proprietatea curioasă că apa turnată în ele devine mai rece decît obiectele înconjurătoare.

Urcioarele sînt foarte răspîndite la popoarele sudice (printre altele și în Crimeea) și poartă denumiri diferite: în Spania *alcarraza*, în Egipt *goula* ș.a.m.d.

Secretul acțiunii de răcire a acestor urcioare este simplu: lichidul se strecoară prin pereții de argilă spre exterior și acolo se evaporă încet, luînd din căldura vasului și a lichidului din el.

Dar nu este adevărat că în astfel de vase lichidul se răcește mult, după cum citim în descrierile de călătorie prin țările meridionale. Această răcire nu poate fi mare. Ea depinde de multe condiții. Cu cît este mai fierbinte aerul, cu atît mai repede se evaporă lichidul care umezește vasul în exterior și, prin urmare, cu atît mai mult se răcește apa din interiorul urciorului. Răcirea depinde și de umiditatea aerului înconjurător: dacă în el este umezeală, atunci evaporarea are loc încet și apa se răcește puțin; dimpotrivă, în aerul uscat are loc o evaporare energică, provocînd o răcire mai puternică. Vîntul accelerează de asemenea evaporarea și astfel contribuie la răcire; toate acestea sînt binecunoscute datorită senzației de frig resimțite într-o rochie udă într-o zi călduroasă, dar cu vînt. Scăderea temperaturii în urcioarele răcitoare nu depășește 5°C. În zilele călduroase ale Sudului, cînd uneori termometrul indică 33°C, apa din urciorul răcitor are temperatura unei băi calde, adică 28°C. După cum vedem, practic această răcire este inutilă. În schimb, asemenea urcioare păstrează foarte bine a p a r e c e; ele sînt folosite în special în acest scop.

Putem încerca să calculăm gradul de răcire a apei în *alcarraza*. Presupunem că avem un urcior cu o capacitate de 5 litri de apă; mai presupunem că s-au evaporat 1/10 litri. Pentru evaporarea unui litru de apă la temperatura unei zile călduroase (33°C), sînt necesare aproximativ 580 de calorii. La noi s-au evaporat 1/10 l și, prin urmare, au fost necesare 58 de calorii. Dacă toată căldura aceasta ar fi fost luată numai de la apa care se află în urcior, atunci temperatura acesteia din urmă ar fi scăzut cu 58/5, adică cu 12°C. Dar cea mai mare parte din căldura necesară pentru evaporare este dată de însișiși pereții urciorului și de aerul înconjurător; pe de altă parte, pe lîngă răcirea apei din urcior are loc și încălzirea lui cu aerul cald din imediata vecinătate a urciorului. De aceea răcirea abia atinge jumătate din cifra obținută.

Este greu de spus unde se răcește urciorul mai mult: la soare sau la umbră. La soare, evaporarea este accelerată, dar totodată este accelerat și accesul de căldură. Probabil că cel mai util este să ținem urcioarele la umbră, într-un vînt slab.

UN „RĂCITOR" FĂRĂ GHEAȚĂ

Pe răcirea bazată pe evaporare se întemeiază construcția dulapului-răcitor pentru păstrarea produselor: un „răcitor" sui-generis fără gheață. Construcția unui astfel de răcitor este foarte simplă. El este format dintr-o ladă de lemn cu sertare (mai bine din fier zincat), cu polițe, pe care se așază produsele ce urmează a fi răcite. În partea de sus a lăzii se așază un vas lunguieț cu apă rece curată; în vas este cufundat capătul unei bucăți de pînză care trece de-a lungul peretelui din spate al lăzii în jos, terminîndu-se în vasul așezat sub poliția de jos. Pînza se îmbibă cu apă, care se deplasează prin ea ca printr-un fitil, evaporîndu-se încet și răcind astfel toate despărțiturile „răcitorului".

Un astfel de „răcitor" trebuie așezat într-un loc răcoros al locuinței, înlocuindu-se în fiecare seară apa rece, pentru ca ea să se poată răci bine în timpul nopții. Vasele care conțin apa și pînza pe care o îmbibă trebuie să fie, desigur, perfect curate.

CE CĂLDURĂ PUTEM SUPORTA?

Omul este mult mai rezistent la căldură decît se crede de obicei. În țările sudice el poate suporta o temperatură mult mai înaltă decît cea pe care în clima noastră moderată o considerăm drept greu suportabilă. Vara, în Australia centrală se observă adesea temperatura de 46°C la umbră;

acolo s-au înregistrat chiar 55°C la umbră. La traversarea Mării Roșii spre golful Persic, temperatura din încăperile navei atinge 50°C și mai mult, cu toate că ventilatoarele funcționează fără întrerupere.

Temperaturile cele mai înalte înregistrate în natură pe globul terestru nu au depășit 57°C. Această temperatură a fost constatată în așa-numita *Vale a morții* din California. În Asia mijlocie, regiunea cea mai călduroasă a U.R.S.S., temperatura nu depășește 50°C.

Temperaturile menționate mai sus au fost măsurate la *u m b r ă*. Vreau de altfel să explic de ce pe meteorologi îi interesează temperatura la umbră și nu la soare. Este vorba de faptul că temperatura *a e r u l u i* este măsurată numai de termometrul așezat la umbră. Termometrul așezat la soare poate fi încălzit de razele acestuia mult mai mult decît aerul înconjurător și indicațiile lui nu caracterizează starea termică a mediului aerian. De aceea, vorbind despre vremea călduroasă, nu are nici un rost să ne referim la indicațiile unui termometru așezat în bătaia Soarelui.

S-au efectuat experiențe pentru determinarea temperaturii maxime pe care o poate suporta organismul uman. S-a constatat că, la încălzirea treptată în *a e r u s c a t*, organismul nostru poate suporta nu numai temperatura de fierbere a apei (100°C), dar uneori chiar o temperatură mai înaltă, de pînă la 160°C după cum au demostrat doi fizicieni englezi, care în vederea acestei experiențe au petrecut ore întregi în cuptorul încălzit al unei brutării. Cu privire la aceasta, Tyndall spune: „Poți fierbe ouă și frige o friptură în aerul unui încăperi în care oamenii rămîn fără nici un fel de pericol pentru ei".

Cum se explică această rezistență? Prin aceea că, de fapt, organismul nostru nu primește această temperatură, ci păstrează o temperatură apropiată de cea normală. El luptă împotriva încălzirii printr-o transpirație abundentă; evaporarea transpirației absoarbe o cantitate mare de căldură din stratul de aer care vine în contact direct cu pielea și astfel îi reduce mult din temperatură. Singurele condiții necesare sînt ca corpul să nu vină în contact direct cu sursa de căldură și ca aerul să fie uscat.

Cine a vizitat Asia mijlocie a observat cît de relativ ușor este suportată acolo o căldură de 37°C și chiar mai înaltă. La Lenin-

grad, o căldură de 24°C se suportă mai greu. Cauza este umiditatea aerului la Leningrad, în timp ce în Asia mijlocie aerul este uscat, ploile constituind un fenomen foarte rar [1].

TERMOMETRU SAU BAROMETRU?

Este cunoscută anecdota despre omul naiv care nu îndrăznea să-şi facă baie datorită unui motiv neobişnuit.

— Am cufundat în cadă barometrul şi el a indicat furtună. Este periculos de făcut baie!

Să nu credeţi însă că este totdeauna uşor de deosebit un termometru de un barometru. Există termometre, sau, mai exact, termoscoape, care pe bună dreptate ar putea fi numite *barometre* şi invers. Drept exemplu poate servi termoscopul inventat de Heron din Alexandria (fig. 85). Cînd razele solare încălzesc balonul, atunci aerul din partea de sus a balonului, încălzindu-se, apasă asupra apei şi o împinge prin tubul îndoit; apa începe să picure prin pîlnia din care curge în cutia plasată dedesubt. În zilele reci însă, volumul aerului din balon se reduce, apa din cutie este împinsă de presiunea aerului exterior şi pătrunde prin tub în balon.

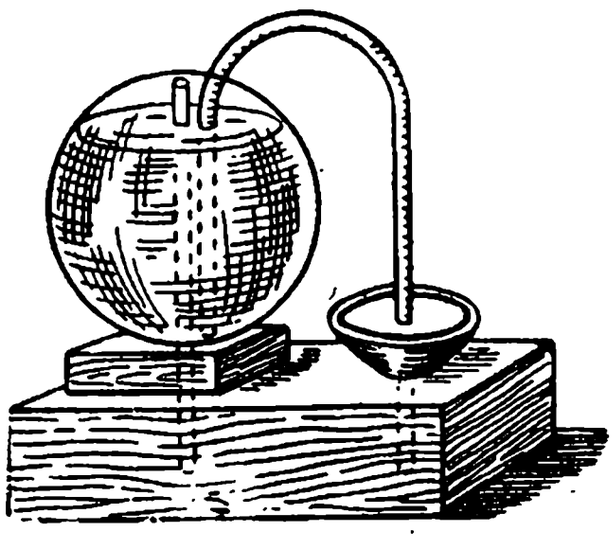


Fig. 85 — Termoscopul lui Heron.

Dar acest dispozitiv este sensibil şi la variaţiile presiunii barometrice. Cînd presiunea exterioară scade, atunci aerul din interiorul balonului, care şi-a păstrat presiunea mai înaltă, se dilată şi împinge o parte din apă prin tub în pîlnie. Cînd însă presiunea exterioară creşte, o parte din apa din cutie pătrunde în balon, datorită presiunii exterioare mai mari.

---

[1] Este interesant de menţionat că acolo hidrometrul meu de buzunar a indicat de două ori în luna iunie *u m i d i t a t e z e r o* (13 şi 16 iunie 1930).

Orice diferență de temperatură de un grad va produce aceeași variație a volumului de aer din interiorul balonului ca și $\frac{760}{273} =$ = aproximativ $2\frac{1}{2}$ mm diferență de înălțime a coloanei barometrice (de mercur). La Moscova, oscilațiile barometrice ating 20 și mai mulți milimetri; aceasta corespunde la 8°C în termoscopul lui Heron; deci o astfel de scădere a presiunii atmosferice poate fi ușor confundată cu o creștere a temperaturii cu 8 grade!

Vedeți, așadar, că bătrînul termoscop este totodată și baroscop. Într-un timp se vindeau barometre cu apă care erau în același timp termometre, dar lucrul acesta nu-l bănuiau nici cumpărătorii, nici, pare-se, inventatorul.

LA CE SERVEȘTE STICLA DE LAMPĂ?

Puțini sînt cei care știu ce cale lungă a parcurs sticla de lampă înainte de a-și căpăta aspectul de astăzi. De-a lungul mileniilor, oamenii au folosit pentru iluminat flacăra fără a recurge la serviciile sticlei. A fost necesar geniul lui Leonardo da Vinci (1452—1519) pentru a realiza această perfecționare importantă a lămpii. Dar Leonardo nu a înconjurat flacăra cu un tub de sticlă, ci cu unul metalic; au mai trecut trei secole pînă la înlocuirea tubului metalic cu un cilindru transparent de sticlă. După cum vedeți, sticla de lampă este o invenție la care au lucrat zeci de generații.

Care este însă destinația ei?

Mulți nu pot da un răspuns corect la o întrebare atît de firească. Apărarea flăcării împotriva vîntului constituie doar un rol secundar al sticlei. Principalul ei rol este de a spori *luminozitatea* flăcării, de a accelera procesul de ardere. Rolul sticlei este același ca al coșului sobei sau al uzinei; ea amplifică afluxul de aer spre flacără, face să „tragă" mai bine.

Să analizăm toate acestea. Coloana de aer aflată în interiorul sticlei este încălzită de flacără mult mai repede decît

aerul care înconjură lampa. Încălzindu-se şi devenind astfel mai uşor, conform legii lui Arhimede aerul este împins în sus de aerul neîncălzit, mai greu, care vine de jos prin orificiile din arzător. Astfel se stabileşte un curent de aer permanent de jos în sus, curent care îndepărtează neîntrerupt produsele arderii şi aduce aer proaspăt. Cu cît sticla este mai înaltă, cu atît este mai mare diferenţa de greutate dintre coloana de aer încălzit şi cea de aer neîncălzit şi cu atît mai energic este afluxul de aer proaspăt şi, prin urmare, cu atît mai mult este accelerată arderea. Aici fenomenul este acelaşi ca în coşurile înalte de fabrică. De aceea se fac aceste coşuri atît de înalte.

Este interesant de amintit că încă Leonardo da Vinci îşi dădea seama bine de aceste fenomene. În manuscrisele lui găsim următoarea notă: „Acolo unde apare foc, în jurul lui se formează un curent de aer care-l menţine şi-l aţîţă".

DE CE NU SE STINGE DE LA SINE FLACĂRA?

Dacă ne gîndim bine la procesul de ardere, se naşte în mod firesc întrebarea: de ce flacăra nu se stinge de la sine? Ştim doar că produsele arderii sînt bioxidul de carbon şi vaporii de apă, care *nu ard* şi nu pot menţine arderea. Prin urmare, chiar din primul moment flacăra ar trebui să fie înconjurată cu substanţe neinflamabile care împiedică accesul aerului; fără aer arderea nu poate continua şi focul trebuie să se stingă.

De ce nu are loc acest lucru? De ce arderea continuă pînă la epuizarea combustibilului? Numai pentru că gazele se dilată la căldură şi devin astfel *mai uşoare*. Doar datorită acestui fapt produsele arderii nu rămîn acolo unde s-au format, în imediata apropiere a flacării, ci sînt împinse imediat în sus de aerul proaspăt. Dacă legea lui Arhimede nu s-ar extinde asupra gazelor (sau dacă nu ar exista gravitaţia), atunci orice flacără, după ce ar arde puţin, s-ar stinge de la sine.

Este foarte uşor să ne convingem de felul cum acţionează asupra focului produsele arderii. Fără să vă daţi seama, vă

folosiţi adesea de această proprietate pentru a stinge lampa. Cum stingeţi lampa cu petrol? Suflaţi de sus, adică împingeţi în jos, spre flacără, produsele arderii ei şi ea se stinge, fiind lipsită de aer.

UN CAPITOL CARE LIPSEŞTE ÎN ROMANUL LUI JULES VERNE

Jules Verne ne-a descris amănunţit cum şi-au petrecut vremea curajoşii călători aflaţi în interiorul proiectilului care şi-a luat zborul spre Lună. Dar el nu ne-a povestit cum Michel Ardan şi-a îndeplinit îndatoririle de bucătar în aceste împrejurări neobişnuite. Probabil că romancierul îşi închipuia că pregătirea mesei în interiorul unui proiectil zburător nu prezintă un interes deosebit pentru a fi descris în carte. Dacă-i aşa, atunci s-a înşelat. Să nu uităm că în interiorul proiectilului zburător toate obiectele devin *imponderabile*[1]. Jules Verne a scăpat din vedere această împrejurare. Trebuie să recunoaştem însă că gătitul mesei într-o bucătărie imponderabilă este un subiect pe deplin demn de pana romancierului şi nu putem să nu regretăm că autorul romanului *De la Pămînt la Lună* nu a acordat atenţie acestei teme. Voi încerca, bineînţeles cum voi putea, să completez capitolul care lipseşte în roman, pentru a-i oferi cititorului un tablou care, zugrăvit de pana lui Jules Verne, ar fi putut avea un efect deosebit.

Citind cele de mai jos, cititorul nu trebuie să uite nici o clipă că, după cum s-a mai arătat, în interiorul proiectilului greutatea este inexistentă: aici toate obiectele sînt *imponderabile*.

---

[1] Descrierea amănunţită a acestui fenomen interesant este făcută în prima carte a *Fizicii distractive*.

— Prieteni, noi nici nu am dejunat încă, spune Michel Ardan însoţitorilor săi în călătoria interplanetară. Din faptul că ne-am pierdut greutatea în proiectilul nostru de tun nu decurge de loc că ne-am pierdut şi pofta de mîncare. Mă angajez, prieteni, să vă ofer o masă imponderabilă, care, fără îndoială, va fi formată din gustările cele mai uşoare din cîte s-au preparat vreodată.

Şi, fără a mai aştepta răspunsul tovarăşilor săi, francezul se apucă de treabă.

— Damigeana noastră cu apă se preface a fi goală, mormăi Ardan încercînd să destupe o damigeană mare cu apă. Dar pe mine nu mă înşală: ştiu eu de ce eşti atît de uşoară... Aşa, dopul e scos. Varsă acum, rogu-te, preţiosul tău conţinut imponderabil în această cratiţă!

Dar oricît de mult înclină damigeana, apa nu curgea.

— Nu te osteni, dragă Ardan, răsări alături de el Nicholl. Trebuie să înţelegi că în proiectilul nostru, unde nu există greutate, apa nu poate curge. Trebuie să *o scuturi* din vas, ca şi cum ar fi vorba de un sirop dens.

Fără a mai sta pe gînduri, Ardan lovi cu palma în fundul damigenei. O nouă surpriză: la gura damigenei se formă imediat un balon de apă de mărimea unui pumn.

— Ce s-a întîmplat cu apa noastră? rosti cu uimire Ardan. Ce să zic, iată o surpriză inutilă! Puteţi să-mi explicaţi şi mie, prietenii mei savanţi, ce se întîmplă aici?

— Aceasta este o *picătură*, scumpul meu Ardan, o simplă picătură de apă. În lumea fără gravitaţie, picăturile pot fi oricît de mari... Aminteşte-ţi că lichidele iau forma vasului, curg sub forma unei şuviţe etc. numai sub influenţa gravitaţiei. Aici ea însă nu mai există, lichidul se află doar sub acţiunea forţelor sale moleculare şi trebuie să ia forma unei sfere, ca untul în cunoscuta experienţă a lui Plateau.

— Puţin îmi pasă de acest Plateau şi de experienţele lui! Eu trebuie să fierb apa pentru supă şi jur că nu mă vor opri nici un fel de forţe moleculare! declară supărat francezul.

Şi el începu să agite cu furie damigeana deasupra cratiţei care plutea în aer, dar se pare că totul se coalizase împotriva

lui. Sferele mari de apă, ajungînd în cratiță, se împrăștiau repede pe suprafața ei. Mai mult chiar, de pe pereții ei interiori apa trecea pe cei exteriori și, în curînd, întreaga cratiță fu acoperită cu un strat gros de apă. Fierberea apei în aceste condiții era cu totul imposibilă.

— Iată o experiență interesantă care ne demonstrează cît de mare este forța de adeziune, îi spuse imperturbabil Nicholl lui Ardan, care-și pierduse complet răbdarea. Nu te enerva. Aici avem de-a face cu fenomenul obișnuit de udare a corpurilor solide; în cazul de față însă, greutatea nu împiedică manifestarea acestei proprietăți în deplinătatea ei.

— Păcat că n-o împiedică! exclamă Ardan. Oricum s-ar numi acest fenomen, eu trebuie să am apă *în* cratiță și nu *în jurul* ei. Ia te uită! Nici un bucătar din lume nu ar fi de acord să pregătească o supă în aceste condiții!

— Dacă acest fenomen te deranjează, îl poți evita cu ușurință, spuse calm Barbicane. Amintește-ți că apa nu udă corpurile acoperite cu un strat subțire de grăsime. Unge-ți pe din afară cratița și vei sili apa să stea înăuntrul ei.

— Bravo! Iată un adevărat om de știință, se bucură Ardan, punîndu-i imediat în practică sfatul. Apoi începu să încălzească apa la flacăra mașinii cu gaz.

Dar toate-i stăteau împotrivă! Pînă și mașina cu gaz își făcea de cap. După ce timp de o jumătate de minut a ars cu o flacără slabă, s-a stins fără pricină.

Ardan se învîrtea în jurul mașinii, căutînd să mențină flacăra cu orice preț, dar strădaniile îi rămîneau zadarnice: flacăra se stingea.

— Barbicane, Nicholl! Oare nu există nici un mijloc de a forța această flacără încăpățînată să ardă după legile fizicii noastre și după dispozițiile societăților de gaze? apelă Ardan la prietenii săi, simțind că descurajarea pune stăpînire pe el.

— Dar aici nu este nimic neobișnuit sau neașteptat, explică Nicholl. Această flacără arde întocmai în conformitate cu legile fizicii. Iar societățile de gaze s-ar ruina dacă nu ar exista imponderabilitatea. Nu știi că la ardere se formează bioxid de carbon și vapori de apă, adică gaze care nu ard? Deobicei aceste produse ale arderii nu rămîn în preajma flăcării: fiind calde și, ca atare, mai ușoare, ele sînt înlocuite cu aer proaspăt. Aici însă sîntem în condiții de imponderabilitate. Produsele arderii rămîn acolo unde s-au format, înconjură flacăra cu

un strat de gaze neinflamabile și împiedică accesul aerului proaspăt. De aceea flacăra este atît de slabă și se stinge atît de repede. Știi doar că acțiunea stingătoarelor se bazează tocmai pe aceea că focul este înconjurat de gaze care nu ard.

— Prin urmare, crezi — îl întrerupse francezul — că, dacă pe Pămînt nu ar exista forța de gravitație, n-ar mai fi nevoie nici de echipe de pompieri, iar incendiile ar înceta înăbușite de propria lor respirație?

— Întocmai. Iar acum, pentru a te ajuta, aprinde iar gazul și hai să suflăm în flacără. Sper că vom reuși să silim astfel flacăra să ardă „ca pe Pămînt".

Așa și făcură. Ardan aprinse din nou gazul și se apucă de gătit, urmărind cu malițiozitate cum Nicholl și Barbicane aţîţau pe rînd flacăra, suflînd într-una aer proaspăt. În adîncul sufletului, francezul îi socotea pe prietenii lui și știința acestora vinovați de întreaga „bătaie de cap".

— Într-o măsură oarecare voi înlocuiți coșul de fabrică, bolborosea Ardan. Îmi pare foarte rău de voi, dragii mei prieteni savanți, dar, dacă vrem să avem o mîncare caldă, trebuie să ne conformăm legilor fizicii voastre.

Dar a trecut un sfert de oră, o jumătate de oră, o oră, iar apa din cratiță nici gînd să fiarbă.

— Va trebui să te înarmezi cu răbdare, dragă Ardan. Știi de ce se încălzește atît de repede apa obișnuită, ponderabilă? Numai pentru că în ea are loc amestecarea straturilor: straturile inferioare încălzite, fiind mai ușoare, sînt înlocuite cu cele reci de deasupra și, ca rezultat, în curînd întregul lichid se încălzește pînă la o temperatură înaltă. Ai încercat vreodată să încălzești apa așezînd surse de căldură deasupra și nu dedesubt ? În acest caz, amestecarea straturilor nu are loc, pentru că straturile încălzite de deasupra rămîn pe loc. Conductibilitatea apei însă este foarte mică; straturile de deasupra pot fi încălzite pînă la fierbere chiar, în timp ce în cele de dedesubt se vor mai afla bucățele de gheață. Dar în lumea noastră imponderabilă este indiferent de unde începe încălzirea. În cratița noastră apa nu se agită, nu are loc amestecarea straturilor și apa se încălzește foarte încet. Dacă dorești să accelerezi încălzirea, trebuie să amesteci mereu apa.

Nicholl l-a prevenit pe Ardan să nu încălzească apa pînă la 100 °C, limitîndu-se la o temperatură mai joasă. La 100°C se formează prea mulți vapori, care, avînd aici o greutate spe-

cifică egală cu cea a apei (ambele egale cu zero), se vor amesteca cu aceasta din urmă, formînd o spumă omogenă.

Un accident supărător a avut loc cu mazărea. Cînd Ardan, dezlegînd săculeţul, l-a scuturat puţin, boabele de mazăre s-au risipit în aer şi au început să rătăcească prin cabină, lovindu-se de pereţii ei şi ricoşînd într-una. Aceste boabe rătăcitoare erau cît pe aci să fie cauza unui accident serios. Nicholl a inspirat din greşeală una dintre ele şi a început să tuşească, astfel încît a început să se înăbuşe. Pentru a scăpa de acest pericol şi a curăţa aerul, prietenii noştri au început să prindă boabele zburătoare cu plasa, pe care prevăzătorul Ardan o luase cu el pentru alcătuirea colecţiei de fluturi de pe Lună.

În aceste condiţii era greu de gătit. Ardan avea dreptate cînd afirma că aici ar fi dat greş chiar bucătarul cel mai iscusit. Mult s-a chinuit el şi cu prepararea fripturii. Trebuia să ţină mereu carnea înfiptă în furculiţă, căci altfel vaporii elastici de ulei, formaţi sub friptură, o împingeau afară, şi carnea, crudă încă, zbura „în sus", dacă putem folosi acest cuvînt acolo unde nu există nici „sus" şi nici „jos".

Ce ciudat se prezenta şi prînzul însuşi în lumea imponderabilă. Călătorii erau suspendaţi în aer în poziţii cît se poate de ciudate şi totuşi nelipsite de pitoresc, ciocnindu-se într-una cu capetele. Desigur că de stat pe scaun nici nu putea fi vorba. Obiecte ca scaune, canapele, bănci sînt cu totul inutile în lumea unde nu există greutate. De fapt nici masa nu ar fi fost necesară dacă nu ar fi existat dorinţa expresă a lui Ardan de a dejuna „la masă".

Grea treabă a fost prepararea supei, dar şi mai grea a fost consumarea ei. Întîi de toate, turnarea în căni a supei imponderabile nu este o treabă uşoară. Ardan era cît pe-aci să plătească această încercare cu pierderea trudei sale de o jumătate de zi; uitînd că supa este imponderabilă, el a lovit cu ciudă în fundul cratiţei răsturnate pentru a vărsa din ea supa atît de încăpăţînată. Din cratiţă şi-a luat zborul o uriaşă picătură sferică: supă sub formă sferoidală. Ardan a trebuit să dea dovadă de iscusinţă de jongler pentru a putea prinde şi închide din nou în cratiţă supa fiartă cu atîta greutate.

Încercarea de a folosi lingurile a rămas fără nici un rezultat. Supa umezea întreaga lingură pînă la degete şi atîrna de ea ca un văl compact. Au uns lingurile cu ulei pentru a preveni umezirea, dar rezultatele nu erau îmbucurătoare: supa se

transforma în lingură într-o sferă și era absolut imposibil să duci această pastilă imponderabilă la gură.

În cele din urmă, Nicholl a găsit soluția cea mai bună: s-au confecționat niște tuburi din hîrtie cerată și călătorii noștri le-au folosit pentru a sorbi supa. Această metodă a fost folosită și în continuare tot timpul călătoriei pentru a bea apă, vin și, în general, toate lichidele[1].

DE CE APA STINGE FOCUL?

Această întrebare atît de simplă nu capătă totdeauna răspunsul corect și sperăm că cititorul nu ne-o va lua în nume de rău dacă vom explica pe scurt în ce constă, de fapt, această acțiune a apei asupra focului.

În primul rînd, atingînd obiectul care arde, apa se transformă în vapori, absorbind mare parte din căldura obiectului respectiv; pentru a transforma apa clocotită în vapori, este necesară o căldură de cinci ori mai mare decît pentru încălzirea la 100°C a aceleiași cantități de apă rece.

În al doilea rînd, vaporii care se formează ocupă un volum de sute de ori mai mare decît apa care i-a generat; înconjurînd corpul care arde, vaporii dislocă aerul, iar fără aer arderea este imposibilă. Pentru a amplifica forța de stingere a apei, ea se amestecă uneori cu... praf de pușcă! Aceasta ar putea să

---

[1] Mulți cititori ai edițiilor anterioare ale acestei cărți mi-au adresat scrisori în care-și exprimau nedumerirea și întrebau cum se poate bea într-un mediu de imponderabilitate, fie chiar și prin metoda indicată mai sus: doar și aerul din proiectilul zburător este imponderabil și, prin urmare, nu exercită presiune, iar în lipsa presiunii lichidul nu poate fi sorbit. Este curios că și unii dintre recenzenții cărții puneau această problemă în presă. Și, totuși, este pe deplin evident că, în condițiile respective, imponderabilitatea aerului nu are nici o legătură cu inexistența presiunii: aerul nu apasă într-un spațiu închis pentru că este greu, ci pentru că, fiind un corp gazos, el caută să se dilate nelimitat. În spațiu d e s c h i s, pe suprafața pămîntului, rolul pereților care împiedică dilatarea este îndeplinit de g r e u t a t e; tocmai această dependență obișnuită i-a indus în eroare pe criticii mei.

pară cam straniu și, totuși, este cît se poate de rațional: praful de pușcă arde repede, degajînd o cantitate mare de gaze neinflamabile, care, înconjurînd corpurile arzătoare, împiedică arderea.

CUM SE STINGE FOCUL CU AJUTORUL FOCULUI?

Ați auzit, probabil, că mijlocul cel mai bun și, uneori, chiar singurul mijloc de a lupta împotriva unui incendiu în pădure sau în stepă este incendierea pădurii sau a stepei din partea opusă. Noul incendiu întîmpină marea de flăcări și, distrugînd materialul inflamabil, lipsește focul de alimentare; întîlnindu-se, cele două ziduri de foc se sting imediat, înghițindu-se parcă reciproc.

Descrierea modului în care este folosit acest procedeu de stingere a focului în stepele americane a fost, probabil, citită de mulți dintre dumneavoastră în romanul lui J.F. Cooper *Preria*. Putem uita oare momentul dramatic cînd bătrînul *trapper* i-a scăpat de moartea în flăcări pe călătorii prinși de incendiul care bîntuia în stepă? Iată acest pasaj din roman:

„Înainte de a fi putut interveni măcar prin mustrări, bătrînul, care tot timpul scenei stătuse în cumpănă ca omul care nu știa încă ce are de făcut sau ca omul care pare mai curînd nedumerit decît alarmat, luă numaidecît un aer hotărît, ca și cum din momentul acela n-ar mai fi avut nici un pic de îndoială în privința drumului pe care-l avea de urmat.

— E timpul să trecem la acțiune, spuse el ...

— Ai ajuns la hotărîrea asta mult prea tîrziu, nefericit bătrîn, strigă Middleton, flăcările sînt la un sfert de milă de noi și vîntul le mînă încoace cu o iuțeală înfiorătoare.

— Ce? Flăcări? Ce-mi pasă mie de flăcări? ... Puneți mîna pe iarba asta scurtă și uscată pe care stăm și smulgeți-o!

... Trebui destul de puțin timp pentru ca buruienile să fie smulse de pe o porțiune cu un diametru de douăzeci de picioare. La una din marginile acestui loc, *trapper*-ul le așeză pe cele două femei; apoi îi sfătui pe Middleton și pe Paul să le acopere rochiile, care se puteau aprinde mult mai ușor, cu

păturile. După ce băieții aduseră la îndeplinire toate acestea, bătrînul se apropie de marginea opusă punctului în care se găseau femeile; ajuns acolo, bătrînul alese o mînă de iarbă foarte uscată și o așeză peste tigăița carabinei. Apoi trase, și combustibilul acesta așa de ușor se aprinse numaidecît; luă pe urmă șomoiogul de iarbă aprinsă și-l puse sub un strat de ierburi încîlcite, după care se retrase spre mijlocul porțiunii de pămînt văduvit de ierburi și așteptă rezultatul acțiunii sale cu răbdare.

Focul, elementul acesta subtil, se repezi cu lăcomie asupra prăzii celei noi, și din ierburi începură să se salte numaidecît mici flăcări bifurcate, întocmai ca limbile unei turme de rumegătoare care-și caută hrana, alegîndu-și parcă tulpinile cele mai dulci.

— Acum, spuse bătrînul ridicîndu-și un deget și rîzînd în felul lui caracteristic, neauzit aproape, acum veți vedea focul luptînd împotriva focului....

— Nu-i primejdios? strigă, uimit, Middleton. Și, în loc să-l îndepărtezi, aduci inamicul mai aproape?

... Cum focul prinse putere și se încinse, începu să se întindă în trei direcții, stingîndu-se însă într-a patra din lipsă de combustibil. În timp ce flăcările creșteau și pîrîitul lor sumbru arăta cît de mare le e puterea, focul curăța totul în calea lui, lăsînd solul negru și fumegînd încă, mult mai lipsit de vegetație decît dacă ar fi trecut pe-acolo cineva cu coasa. Situația fugarilor ar fi fost însă destul de nesigură dacă aria pe care stăteau n-ar fi început să se lărgească, pe măsură ce-i înconjurau flăcările. Dar înaintînd către locul unde aprinsese *trapper*-ul iarba, călătorii ocoliră dogoarea și după cîteva secunde flăcările din apropierea lor începură să scadă în intensitate, îi lăsă apoi învăluiți de fum, dar cu desăvîrșire scăpați de torentul flăcărilor care se rostogoleau cu furie spre mijlocul preriei.

Spectatorii priveau această simplă manevră a *trapper*-ului ca și cum nici nu le-ar fi venit să-și creadă ochilor, tot atît de uluiți cum se spune că au fost și curtenii lui Ferdinand atunci cînd au văzut în ce fel a izbutit Columb să așeze oul drept ..."[1].

---

[1] J. F. COOPER, *Preria* (ediție prescurtată, în românește de Constanța Frunzetti și Karin Rex), București, Edit. tineretului, 1959, p. 335—336.

Dar această metodă de stingere a incendiilor din stepe și păduri nu este chiar atît de simplă pe cît pare. Ea nu poate fi folosită decît de un om cu foarte multă experiență, căci altfel dezastrul poate fi și mai mare.

Fig. 86 — Stingerea incendiului din stepă cu ajutorul focului.

Veți înțelege cîtă abilitate este necesară pentru aceasta dacă vă veți pune întrebarea: de ce focul aprins de *trapper* a pornit în întîmpinarea incendiului și nu în sens invers? Vîntul sufla doar din direcția incendiului spre călători! S-ar părea că incendiul provocat de *trapper* n-ar fi trebuit să se îndrepte în întîmpinarea mării de flăcări, ci înapoi spre stepă. Dacă s-ar fi întîmplat astfel, călătorii ar fi fost înconjurați de un inel de foc și ar fi pierit inevitabil.

În ce constă secretul *trapper*-ului?

În cunoașterea unei legi simple de fizică. Deși vîntul bătea din direcția stepei cuprinse de flăcări spre călători, totuși în *față*, *în apropierea focului*, trebuia să existe un curent de aer invers, care venea în întîmpinarea flăcării. Într-adevăr, încălzindu-se deasupra mării de foc, aerul devine mai ușor și este împins în sus de aerul proaspăt care vine din toate părțile din stepa necuprinsă încă

de flăcări. De aceea în apropierea frontului din față a incendiului se statornicește un c u r e n t d e a e r î n î n t î m p i n a r e a f o c u l u i. Focul trebuie aprins în momentul cînd incendiul se apropie suficient pentru a se face resimțit curentul de aer. Iată de ce *trapper*-ul nu a făcut acest lucru mai devreme, ci a așteptat liniștit momentul potrivit. Dacă focul era aprins prea devreme, atunci el s-ar fi extins în direcție opusă, făcînd ca situația oamenilor să devină desperată. Dar și întîrzierea prea mare putea fi tot atît de nefastă: zidul de foc s-ar apropia prea mult.

POATE FI ÎNCĂLZITĂ APA CU AJUTORUL APEI CLOCOTITE?

Luați o sticluță (borcănaș sau balon de sticlă), turnați apă în ea și așezați-o într-o cratiță cu apă curată, aflată pe foc, astfel încît sticluța să nu atingă fundul cratiței; va trebui să suspendați pentru aceasta sticluța cu ajutorul unei bucle de sîrmă. Cînd apa din cratiță începe să f i a r b ă, s-ar părea că trebuie să fiarbă și cea din sticluță. Puteți însă aștepta oricît: apa din sticluță va fi fierbinte, foarte fierbinte, dar nu va fierbe. Apa clocotită este insuficient de caldă pentru a face să fiarbă apa.

S-ar părea că acest rezultat este neașteptat și, totuși, el trebuie să fie prevăzut. Pentru a face ca apa să fiarbă nu este suficient s-o încălzim pînă la 100°C: trebuie să-i mai comunicăm o mare cantitate de căldură pentru ca ea să treacă într-o altă stare de agregare, și anume în stare de vapori.

Apa pură fierbe la 100°C ; în condiții normale, temperatura ei nu depășește această limită, oricît am încălzi-o. Prin urmare, sursa de căldură cu ajutorul căreia încălzim apa din sticluță are o temperatură de 100° C și deci poate ridica temperatura apei din sticluță doar pînă la 100°C. Cînd această temperatură este atinsă, încetează · t r e c e r e a c ă l d u r i i d e l a a p a d i n c r a t i ț ă l a c e a d i n s t i c l u ț ă. Încălzind deci apa din sticluță prin această metodă, noi nu-i putem oferi acel surplus de căldură care este necesar pentru

transformarea ei în vapori (fiecare gram de apă încălzit pînă la 100°C mai are nevoie de 500 de calorii pentru a se putea transforma în vapori). Iată de ce, deşi apa din sticluţă se încălzeşte, ea nu fierbe.

Se poate ridica următoarea problemă: prin ce se deosebeşte apa din sticluţă de cea din cratiţă? Doar şi aici avem aceeaşi apă, despărţită doar de restul masei printr-un perete de sticlă: atunci de ce nu se petrece cu ea acelaşi fenomen ca şi cu restul apei?

Pentru că învelişul de sticlă nu-i permite apei din ea să participe la curenţii care amestecă apa din cratiţă. Fiecare particulă de apă din cratiţă poate veni în contact direct cu fundul încălzit al cratiţei, în timp ce apa din sticluţă vine în contact doar cu apa clocotită.

Astfel apa nu poate fierbe prin încălzire cu apa clocotită. Dar îndată ce în cratiţă se aruncă un pumn de sare, lucrurile se schimbă. Apa sărată nu fierbe la 100°C, ci la o temperatură ceva mai ridicată şi, prin urmare, poate la rîndul său să facă să fiarbă apa pură din sticluţă.

POATE FI FĂCUTĂ SĂ FIARBĂ APA CU AJUTORUL ZĂPEZII?

„Dacă nici apa clocotită nu poate fi folosită în acest scop, atunci ce să mai vorbim de zăpadă!", vor spune unii cititori. Dar nu vă grăbiţi cu răspunsul, ci faceţi mai bine o experienţă, fie chiar şi cu aceeaşi sticluţă pe care aţi folosit-o adineauri.

Umpleţi-o pînă la jumătate cu apă şi cufundaţi-o în apă s ă r a t ă care fierbe. Cînd apa din sticluţă începe să fiarbă, scoateţi sticluţa din cratiţă şi astupaţi-o ermetic cu un dop pregătit din timp. Acum răsturnaţi sticluţa şi aşteptaţi ca fierberea din interiorul ei să înceteze. Cînd vine acest moment, turnaţi peste sticluţă apă clocotită: apa din interior nu va reîncepe să fiarbă. Dar dacă pe fundul sticluţei puneţi puţină zăpadă sau chiar dacă turnaţi peste ea apă rece, cum se arată în figura 87, veţi vedea că apa începe să fiarbă... Zăpada a făcut ceea ce nu putuse să facă apa clocotită!

Acest lucru pare misterios mai ales pentru că sticluţa nici nu este măcar fierbinte la pipăit. Şi, totuşi, vedeţi cu propriii dumneavoastră ochi cum apa din ea fierbe!

Secretul constă în aceea că zăpada a răcit pereţii sticluţei; de aceea vaporii de apă din interiorul ei s-au condensat în pică-

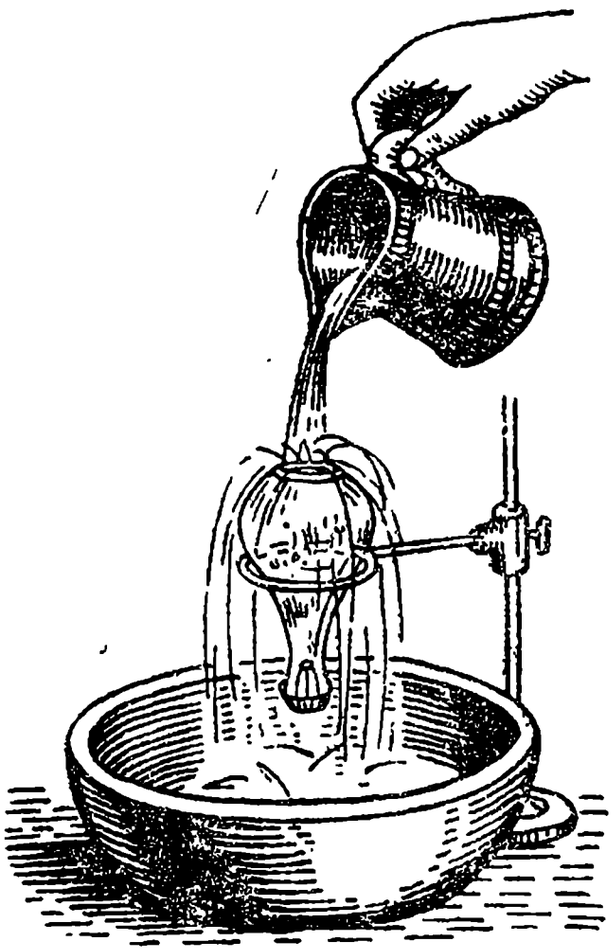


Fig. 87 — Fierberea apei într-un vas peste care se toarnă apă rece.

Fig. 88 — Rezultatul neaşteptat al răcirii unui vas de tinichea.

turi de apă. Deoarece aerul a fost evacuat din sticluţă încă în timpul fierberii, apa din ea este supusă acum la o presiune mult mai scăzută. Se ştie însă că, atunci cînd scade presiunea asupra unui lichid, acesta fierbe la o temperatură mult mai joasă. Prin urmare, deşi în sticluţa noastră avem apă clocotită, aceasta nu este fierbinte.

Dacă pereţii sticluţei sînt foarte subţiri, atunci acumularea instantanee a vaporilor în interiorul ei poate provoca un fel de explozie; presiunea aerului exterior, neîntîmpinînd o opoziţie suficient de mare din interiorul sticluţei, o poate turti (vedeţi, de altfel, că termenul de „explozie“ nu este adecvat aici). De aceea este mai bine să folosim o sticluţă sferică, astfel ca aerul să apese asupra unei bolţi.

Cel mai bine este să folosim pentru această experiență un vas de tinichea, ca cele folosite pentru petrol, ulei etc. Fierbeți în acest vas puțină apă, puneți dopul și turnați peste vas apă rece. Veți constata imediat că vasul se turtește sub acțiunea aerului exterior, pentru că vaporii din interior s-au transformat prin răcire în apă. Vasul va fi turtit de presiunea aerului ca și cum ar fi fost lovit cu un ciocan greu.

„*SUPA DIN BAROMETRU*"

În cartea sa *Peregrinări prin străinătate*, umoristul american Mark Twain povestește o întîmplare din timpul călătoriei sale prin Alpi, bineînțeles că aici este vorba de o întîmplare născocită.

„Neplăcerile noastre au luat sfîrșit; de aceea oamenii puteau să se odihnească, iar eu aveam, în sfîrșit, posibilitatea de a acorda atenție laturii științifice a expediției. Înainte de toate voiam să determin cu ajutorul barometrului altitudinea la care ne aflam, dar, din păcate, nu am reușit s-o fac. Din lectura mea științifică știam că pentru a obține indicațiile asupra altitudinii trebuie fiert un termometru sau, poate, un barometru. Nu știam precis care anume dintre ele și de aceea m-am hotărît să le fierb pe amîndouă.

Fig. 89 — „Cercetările savante" ale lui Mark Twain.

Și, totuși, nu am obținut nici un rezultat. Am examinat ambele instrumente și am constatat că deveniseră cu totul inutilizabile: barometrul mai avea doar un singur ac, iar în rezervorul termometrului se clătina o picătură de mercur...

Am căutat un alt barometru; acesta era nou și în perfectă

stare de funcţionare. L-am fiert timp de o jumătate de oră în oala cu supă de mazăre pe care o prepara bucătarul. Rezultatul obţinut era cu totul neaşteptat: instrumentul se defectase, dar supa a căpătat un gust atît de puternic de barometru, încît bucătarul şef, un om foarte deştept, i-a schimbat denumirea în lista de bucate. Noua supă a plăcut atît de mult tuturor, încît am hotărît să mîncăm zilnic cîte o supă de barometru. Bineînţeles că barometrul se stricase cu totul, dar nu l-am regretat prea mult. Dacă nu mi-a servit la determinarea altitudinii, atunci ce nevoie mai aveam de el?"

Lăsînd la o parte gluma, vom încerca să răspundem la următoarea întrebare: ce trebuia de fapt „fiert": termometrul sau barometrul?

Termometrul, şi iată de ce.

Din experienţa precedentă am văzut că, cu cît este mai redusă presiunea asupra apei, cu atît este mai joasă temperatura ei de fierbere. Deoarece pe munte, la altitudine mare, presiunea atmosferică scade, trebuie să scadă şi temperatura de fierbere a apei. Într-adevăr se constată următoarele temperaturi de fierbere a apei pure la diferite presiuni atmosferice:

Temperatura de fierbere, °C	Presiunea barometrică, mm
101	787,7
100	760
98	707
96	657,5
94	611
92	567
90	525,5
88	487
86	450

La Berna (Elveţia), unde presiunea atmosferică medie este de 713 mm, apa din vasele deschise fierbe chiar la $97^1/_2$ grade, iar pe vîrful Mont Blanc, unde barometrul indică 424 mm, apa clocotită are o temperatură de numai $84^1/_2$ grade. O dată cu creşterea altitudinii cu un kilometru, temperatura de fierbere a apei scade cu 3°C. Prin urmare, dacă măsurăm temperatura la care fierbe apa (sau, după cum spune Twain, dacă „vom fierbe termometrul"), atunci, consultînd tabela respectivă, vom putea afla la ce înălţime se află localitatea. Desigur că

pentru aceasta trebuie să avem tabele alcătuite în prealabil, lucru de care Mark Twain „pur și simplu“ a uitat.

Aparatele folosite în acest scop — hipsotermometrele — nu sînt mai incomode în transport decît barometrele metalice și dau indicații mult mai precise.

Desigur că și barometrul poate servi pentru determinarea altitudinii, pentru că el indică nemijlocit, fără nici un fel de „fierbere“, presiunea atmosferică: cu cît urcăm mai sus, cu atît presiunea este mai mică. Dar și aici sînt necesare fie tabele care arată cum descrește presiunea aerului o dată cu creșterea altitudinii deasupra nivelului mării, fie cunoașterea formulei respective. Toate acestea s-au amestecat în capul umoristului și l-au determinat „să fiarbă supă din barometru“.

TOTDEAUNA APA CLOCOTITĂ E FIERBINTE?

Brava ordonanță Ben-Zuf, pe care cititorul îl cunoaște din romanul lui Jules Verne *Hector Servadac*, era ferm convins că apa clocotită este totdeauna și pretutindeni la fel de fierbinte. Probabil că ar fi rămas întreaga viață la această părere dacă întîmplarea nu ar fi făcut ca el să nimerească împreună cu comandantul Servadac pe ... o cometă. Acest astru capricios, ciocnindu-se cu Pămîntul, a retezat din planeta noastră exact bucata unde se găseau cei doi eroi și i-a antrenat mai departe pe drumul său elipsoidal. Atunci ordonanța s-a convins pentru prima dată din proprie experiență că apa clocotită nu este pretutindeni la fel de fierbinte. El a făcut această descoperire pe neașteptate, pe cînd pregătea micul dejun.

„Oala fu pusă pe plită, Ben-Zuf turnă apă în ea și așteptă să fiarbă ca să poată băga ouăle ce păreau goale, atît de ușoare erau. Oala nu se afla pe foc decît de două minute, că apa și începu să clocotească.

— Drace! Ce mai arde focul acum! se miră Ben-Zuf.

— Nu focul arde mai tare, răspunse căpitanul Servadac, după o clipă de gîndire, ci apa dă mai iute în clocot.

Apoi luînd un termometru atîrnat de zidul postului, îl afundă în apă clocotită. Instrumentul nu arăta decît 66°C în loc de 100°C.

— Bravo! exclamă ofițerul. Uite că apa fierbe la 66 de grade în loc de o sută.

— Și atunci, domnule căpitan?

— Atunci, Ben-Zuf, te sfătuiesc să mai lași ouăle încă cel puțin un sfert de ceas în oală dacă vrei să fie fierte!

— Dar n-o să fie tari?

— Nu, dragul meu, o să fie doar atît de moi cît să ne mînjim cu puțin gălbenuș de ou bucățelele de pîine pe care o să le muiem în ele!

Cauza acestui fenomen era, firește, o scădere a înălțimii păturilor atmosferice, ceea ce concorda cu scăderea densității aerului care fusese constatată mai înainte. Căpitanul Servadac nu se înșelă. Coloana de aer de deasupra suprafeței globului descrescuse cu o treime cel puțin, și de aceea apa, supusă unei presiuni mai mici, fierbea la 66°C în loc de 100. Același fenomen s-ar fi produs pe culmea unui munte cu o altitudine de 11 000 metri, și dacă Servadac ar fi avut un barometru ar fi observat mai demult o astfel de descreștere a presiunii atmosferice"[1].

Nu vom pune la îndoială aici observațiile eroilor noștri: ei afirmă că apa fierbea la 66°C și noi acceptăm acest fapt. Dar ne îndoim de faptul că ei se simțeau bine în acea atmosferă rarefiată în care se aflau.

Autorul romanului afirmă foarte just că acest fenomen a fost observat la înălțimea de 11 000 m: după cum se vede din calcul[2], acolo apa trebuie într-adevăr să fiarbă la 66°. Dar totodată presiunea atmosferei trebuie să fie egală cu cea a unei coloane de mercur de 190 mm, adică exact de patru ori mai mică decît cea normală. În aerul rarefiat atît de mult, respirația este aproape imposibilă! Doar este vorba de înălțimi care ating deja stratosfera! Știm că aviatorii care ating astfel de înălțimi fără mască leșină din cauza lipsei de aer, în timp

---

[1] JULES VERNE, *Hector Servadac.Călătorii și aventuri în lumea solară*, București, Edit. tineretului, 1966, p. 42—43.

[2] Într-adevăr, dacă, după cum am arătat mai sus (p.170), punctul de fierbere al apei scade cu 3°C pentru fiecare creștere a altitudinii cu 1 km, atunci, pentru a face ca temperatura de fierbere să scadă pînă la 66°C, trebuie să ne înălțăm cu 34 : 3 = aproximativ 11 km.

ce Servadac și ordonanța lui se simțeau destul de bine. Este bine că Servadac nu avea la îndemînă un barometru: în caz contrar, romancierul ar fi trebuit să forțeze acest instrument să indice o altă cifră decît cea pe care trebuia s-o arate în conformitate cu legile fizicii.

Dacă eroii noștri ar fi nimerit pe o planetă imaginară, unde presiunea atmosferică nu depășește 60—70 mm, atunci ar fi avut de a face cu apă clocotită și mai rece, de numai 45°C!

Dimpotrivă, o apă clocotită foarte fierbinte poate fi obținută în mine foarte adînci, unde presiunea aerului este mult mai mare decît la suprafața Pămîntului. Într-o mină adîncă de 300 m, apa fierbe la 101°C, într-una de 600 m la 102°C.

Și în cazanul mașinii cu aburi apa fierbe sub o presiune mai ridicată. De exemplu, la 14 atmosfere apa fierbe la 200 de grade! Dimpotrivă, sub cupola pompei de vid apa poate fi forțată să fiarbă la temperatura obișnuită a camerei, obținîndu-se o apă clocotită de numai 20 de grade.

GHEAȚA FIERBINTE

Mai sus fusese vorba de apa clocotită rece. Există însă un fenomen și mai ciudat: g h e a ț a f i e r b i n t e. Ne-am obișnuit să credem că apa nu poate exista în stare solidă la o temperatură de peste 0°C. Studiile întreprinse de fizicianul englez Bridgman au arătat că lucrurile nu stau astfel: la o presiune mare, apa trece în stare solidă și rămîne astfel la o temperatură mult mai înaltă decît 0°C. În general, Bridgman a arătat că pot exista mai multe feluri de gheață, nu numai unul singur. Acea gheață pe care el o numește „gheața nr. 5“ se obține sub uriașa presiune de 20 600 de atmosfere și rămîne solidă la o temperatură de 76°C. Ea ne-ar frige degetele dacă am putea-o atinge. Dar aceasta este imposibil: „gheața nr. 5“ se obține sub presiunea unei prese de forță într-un vas cu pereții groși din oțelul cel mai bun. Deci ea nu poate fi văzută și nici luată în mînă, iar proprietățile „gheții fierbinți“ sînt cunoscute numai pe cale indirectă.

Este interesant de remarcat că „gheața fierbinte“ este mai densă decît cea obișnuită, chiar mai densă decît apa: greutatea ei specifică este de 1,05. Ea ar trebui să se scufunde în apă, în timp ce gheața obișnuită plutește în ea.

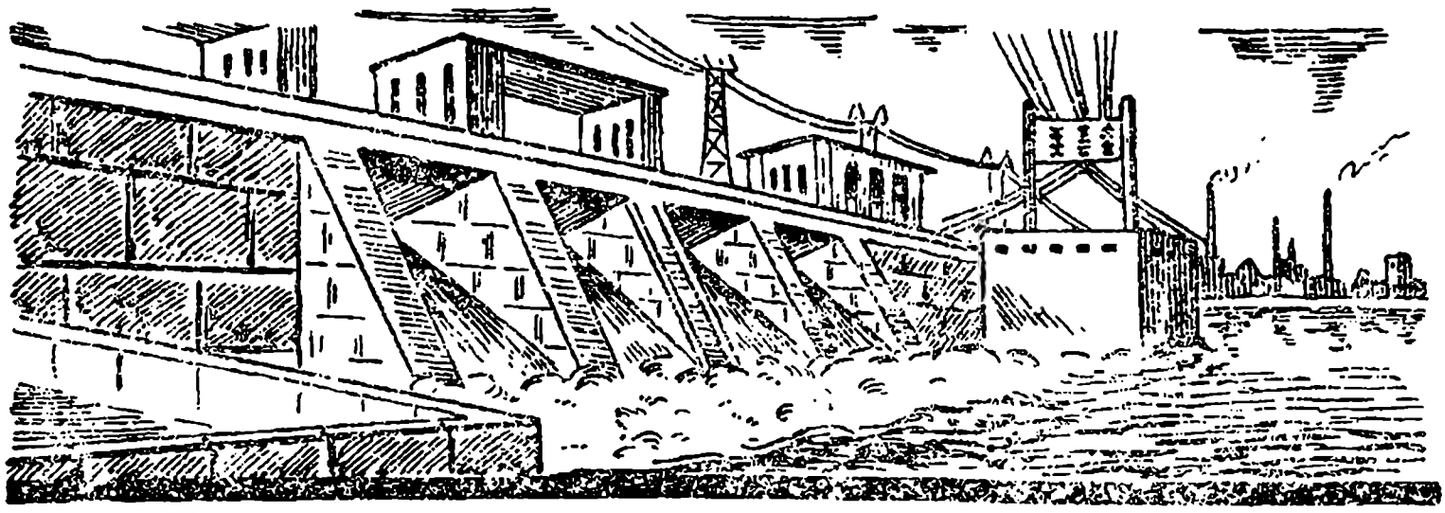
FRIGUL DIN CĂRBUNE

Obținerea din cărbune a frigului și nu a căldurii nu este un lucru irealizabil: el se realizează zilnic în fabricile de așa-numită „gheață uscată“ . Cărbunele este ars aici în cazane, iar fumul care se formează este purificat; bioxidul de carbon din el este captat într-o soluție alcalină. Apoi bioxidul de carbon, degajat în stare pură, prin încălzire urmată de răcire și compresiune, trece în stare lichidă sub o presiune de 70 de atmosfere. Acesta este bioxidul de carbon lichid care se transportă în baloane cu pereții groși la fabricile de băuturi gazoase și se folosește pentru nevoile industriale. El este suficient de rece pentru a face să înghețe solul, așa cum s-a procedat la construirea metroului din Moscova; pentru multe scopuri însă avem nevoie de bioxid de carbon în stare solidă, de așa-numita g h e a ț ă u s c a t ă (gheață carbonică).

Gheața uscată, adică bioxidul de carbon solid, se obține din bioxidul de carbon lichid supus la o evaporare bruscă sub presiune redusă. Ca aspect, bucățile de gheață uscată ne amintesc mai curînd zăpada presată decît gheața și, în general, se deosebesc mult de apa solidă. Gheața de bioxid de carbon este mai grea decît gheața obișnuită și se scufundă în apă. Cu toate că temperatura este foarte scăzută (—78°C), răceala ei nu se simte cu degetele dacă o luăm cu grijă în mînă: gazul de bioxid de carbon care se formează la contactul cu corpul nostru protejează pielea împotriva acțiunii frigului. Doar strîngînd puternic un lingou de gheață uscată riscăm să ne degerăm degetele.

Denumirea de „gheață uscată“ subliniază foarte bine principala particularitate fizică a acestei gheți. Într-adevăr, ea nu este niciodată umedă și nu udă nimic în jurul ei. Sub influența căldurii ea se transformă direct în gaz, trecînd

peste starea lichidă: bioxidul de carbon lichid nu poate exista în condițiile presiunii de o atmosferă. Această particularitate a gheții uscate, însoțită de temperatura ei scăzută, face ca ea să fie o excelentă substanță de răcire, folosită în scopuri practice. Produsele conservate cu ajutorul gheții carbonice nu numai că nu se umezesc, dar sînt protejate împotriva deteriorării și prin faptul că bioxidul de carbon în stare gazoasă care se formează este un mediu care împiedică formarea microorganismelor; de aceea pe produsele respective nu apar mucegaiul și bacteriile. Într-o astfel de atmosferă nu pot trăi nici insectele și nici rozătoarele. În sfîrșit, bioxidul de carbon este un excelent mijloc împotriva incendiului; cîteva bucăți de gheață uscată, aruncate în benzina care arde sting focul. Toate acestea i-au asigurat gheții uscate folosirea pe cea mai largă scară atît în industrie, cît și pentru uzul casnic.



Capitolul 8

MAGNETISMUL. ELECTRICITATEA

„PIATRA IUBITOARE“

Această denumire poetică i-a fost dată magnetului natural de către chinezi. Piatra iubitoare (*țșu-si*), spun chinezii, rage fierul la fel cum o mamă iubitoare își strînge la piept copiii. Este interesant de remarcat faptul că la francezi — un popor care trăiește la celălalt capăt al Lumii Vechi — întîlnim o denumire asemănătoare pentru magnet: cuvîntul francez *aimant* înseamnă și „magnet“, și „iubitor“.

La magneții naturali, forța acestei „atracții“ este mică și de aceea ne apare ca plină de naivitate denumirea grecească a magnetului: „piatra lui Hercule“. Dacă locuitorii Eladei antice erau atît de uimiți de forța de atracție moderată a magnetului natural, atunci ce ar fi spus ei dacă în uzinele metalurgice moderne ar fi văzut magneți care ridică coloși care cîntăresc tone întregi! Este drept că aceștia nu sînt magneți naturali, ci „electromagneți“, adică mase de fier magnetizate cu ajutorul curentului electric care trece prin bobina ce le înfășoară. Dar în ambele cazuri acționează forțe de aceeași natură: magnetismul.

Nu trebuie să credem că magnetul acţionează numai asupra fierului. Există o serie de alte corpuri care se supun şi ele acţiunii unui magnet puternic, deşi nu în aceeaşi măsură ca fierul. Metalele — nichelul, cobaltul, manganul, platina, aurul, argintul, aluminiul — sînt atrase puţin de magnet. Sînt şi mai uimitoare proprietăţile aşa-numitelor corpuri diamagnetice, de exemplu ale zincului, plumbului, sulfului, bismutului: aceste corpuri sînt respinse de un magnet puternic!

Lichidele şi gazele sînt supuse şi ele forţei de atracţie sau de respingere a magnetului, este drept într-o măsură foarte mică; magnetul trebuie să fie foarte puternic pentru a-şi manifesta influenţa asupra acestor substanţe. De exemplu, oxigenul pur este atras de magnet; dacă umplem cu oxigen un balon de săpun şi-l plasăm între polii unui electromagnet puternic, atunci balonul se va lungi vizibil de la un pol la altul, fiind întins de forţele magnetice invizibile. Între capetele unui magnet puternic, flacăra lumînării îşi schimbă forma obişnuită, manifestînd vizibil sensibilitate faţă de forţele magnetice (fig. 90).

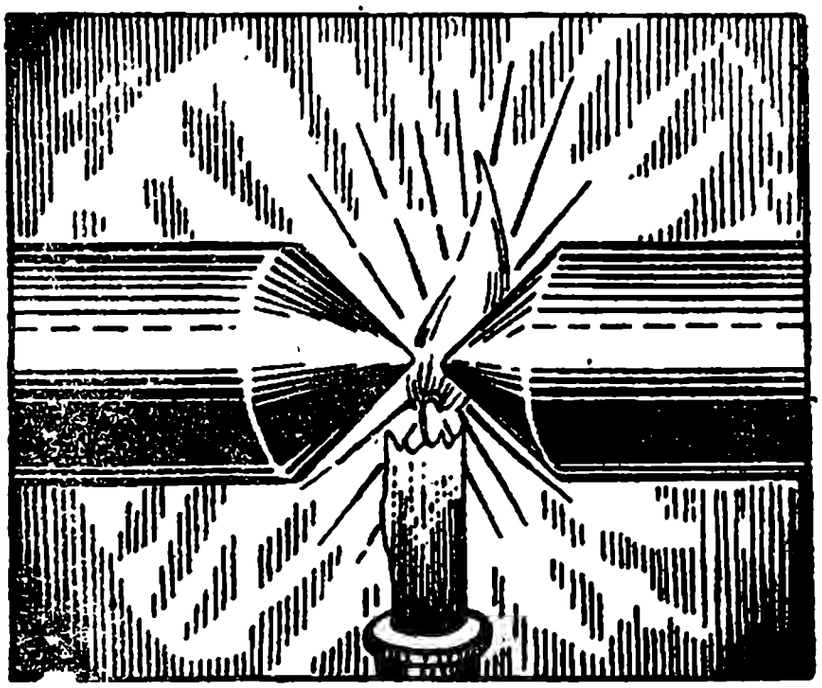


Fig. 90 — Flacăra lumînării între polii electromagnetului.

PROBLEMA BUSOLEI

Ne-am obişnuit să gîndim că acul busolei este totdeauna îndreptat cu un capăt spre nord, iar cu celălalt spre sud. De aceea ni se va părea cu totul absurdă următoarea întrebare:

În ce loc de pe globul pămîntesc acul magnetic indică nordul cu a m b e l e v î r f u r i?

Şi mai absurd va suna întrebarea:

În ce loc al globului pămîntesc acul magnetic indică cu ambele capete sudul?

Sînteţi gata să afirmaţi că pe planeta noastră nu există şi nu pot exista astfel de locuri. Totuşi ele există.

Amintiţi-vă că polii magnetici ai Pămîntului nu coincid cu polii lui geografici şi atunci vă veţi da, poate, singuri seama despre ce locuri ale planetei noastre este vorba. Încotro va fi îndreptat acul busolei plasate la Polul Sud geografic? Un capăt al lui va fi îndreptat spre polul magnetic cel mai apropiat, iar celălalt în sens opus. Dar oricum am porni-o de la Polul Sud geografic ne vom îndrepta mereu s p r e n o r d; dinspre Polul Sud nu există altă direcţie, pretutindeni în jurul lui este nordul. Deci ambele vîrfuri ale acului magnetic plasat aici vor indica nordul.

Tot astfel, acul busolei transportate la Polul Nord geografic va indica cu ambele sale vîrfuri sudul.

LINIILE FORŢELOR MAGNETICE

O imagine interesantă este reprezentată în figura 91, reprodusă de pe o fotografie. De mîna aşezată pe polii unui electromagnet sînt prinse mănunchiuri de cuie mari ca nişte peri ţepoşi. Mîna nu simte de loc forţa magnetică: „fire" invizibile trec prin ea fără să-şi trădeze în vreun fel prezenţa. Iar cuiele de fier se supun docile acţiunii acestei forţe şi se plasează într-o anumită ordine, indicîndu-ne în felul acesta direcţia forţelor magnetice.

Omul nu are organe de simţ asupra cărora să acţioneze cîmpul magnetic, de aceea putem doar bănui existenţa forţelor magnetice care înconjură magnetul [1]. Dar nu este greu

[1] Nu este lipsit de interes să ne imaginăm ce am simţi dacă am avea un simţ magnetic nemijlocit. Kreidel a reuşit, ca să zicem aşa, să inoculeze racilor un fel de simţ magnetic. El a observat că racii tineri îşi bagă în ureche pietricele mici; prin greutatea lor, aceste pietricele acţionează asupra firului senzitiv, care este parte componentă a organului de

de stabilit în mod indirect modul în care se distribuie aceste forţe. În acest scop cel mai bine este să folosim pilitura măruntă de fier. Aşezaţi un strat subţire egal de pilitură pe o bucată de carton neted sau pe o placă de sticlă, iar sub

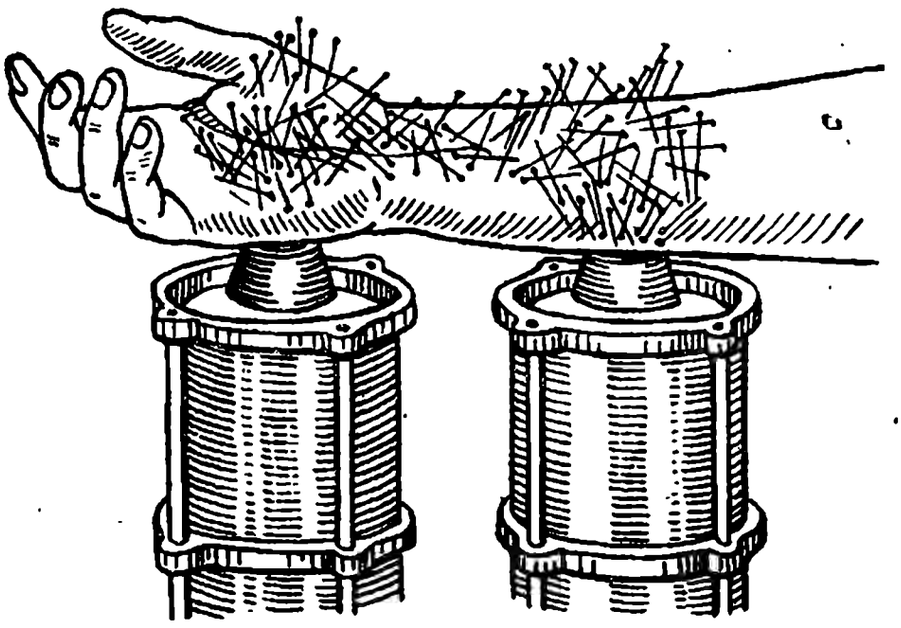


Fig. 91 — Forţele magnetice trec prin mînă.

carton sau placă puneţi un magnet obişnuit şi scuturaţi pilitura prin lovituri uşoare. Forţele magnetice t r e c liber prin carton şi prin sticlă; prin urmare, sub influenţa magnetului, pilitura de fier se magnetizează şi, cînd o scuturăm, ea se desprinde pentru o clipă de placă şi, sub acţiunea forţelor magnetice, poate să ocupe acea poziţie pe care în punctul respectiv l-ar fi ocupat acul magnetic, adică de-a lungul „liniei de forţă“ magnetice. În rezultat, pilitura se aşază rînduri-rînduri, arătînd astfel distribuţia liniilor de forţă magnetice invizibile. Aşezăm placa noastră cu pilitură pe magnet şi o scuturăm. Obţinem figura reprezentată în figura 92. Forţele magnetice creează un sistem complex de linii curbe. Vedeţi cum ele diverg ca nişte raze de la fiecare

---

echilibru la rac. Astfel de pietricele există şi în urechea omului în apropierea principalului său organ al auzului. Acţionînd în direcţie verticală, aceste pietricele indică direcţia forţei de gravitaţie. În loc de pietricele Kreidel a introdus în urechea racilor pilitură de fier, lucru pe care ei nu l-au observat. Cînd magnetul era aproape de rac, acesta din urmă se plasa în planul perpendicular pe rezultanta dintre forţa magnetică şi cea de gravitaţie.

„În ultimul timp, experienţe asemănătoare, dar în formă schimbată, au fost încercate şi asupra omului. Keller lipea particule mici de fier de timpanul urechii; în acest fel, urechea percepea oscilaţiile forţei magnetice ca pe un sunet“ (prof. O. Winer).

pol al magnetului, cum se unesc formînd cînd arcuri scurte, cînd lungi între cei doi poli. Aici pilitura de fier ne arată vizibil ceea ce-și imaginează fizicianul și ceea ce există în mod invizibil în jurul fiecărui magnet. Cu cît se află mai aproa-

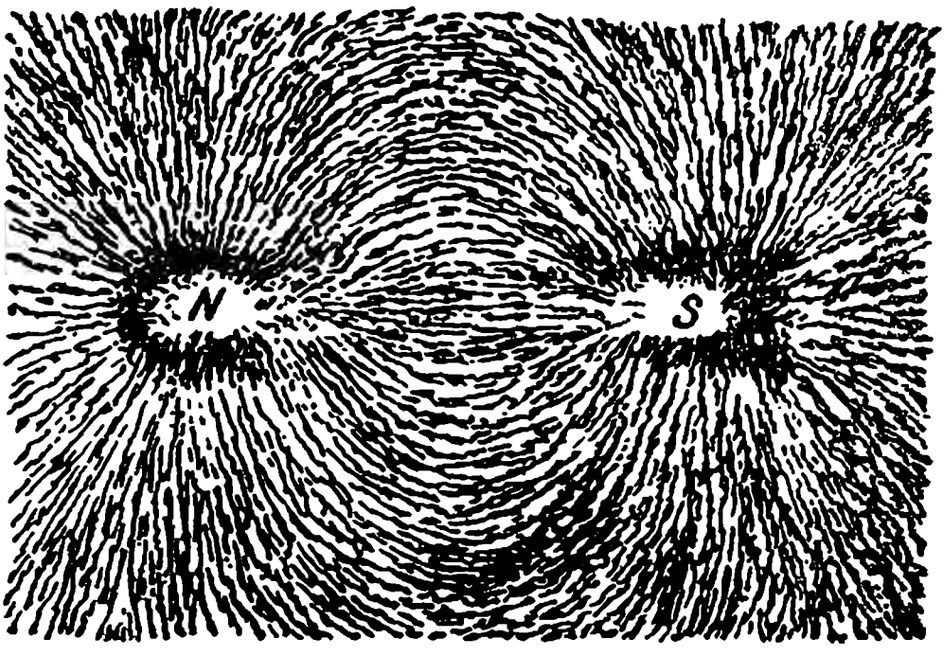


Fig. 92 — Cum se așază pilitura de fier pe cartonul care acoperă polii magnetului (de pe fotografie).

pe de pol, cu atît liniile formate din pilitură sînt mai dese și mai nete; dimpotrivă, cu cît se depărtează mai mult de poli, cu atît se răresc mai mult și devin mai puțin nete, demonstrînd faptul că forțele magnetice slăbesc o dată cu distanța.

CUM SE MAGNETIZEAZĂ OȚELUL?

Pentru a răspunde la această întrebare pusă adesea de cititori, trebuie să explicăm înainte de toate prin ce se deosebește un magnet de o bară de oțel nemagnetic. Ne putem imagina fiecare atom de fier care intră în compoziția oțelului, magnetizat sau nemagnetizat, ca pe un magnet micuț. În oțelul nemagnetizat, acești magneți atomici sînt așezați dezordonat, astfel încît acțiunea fiecăruia este anihilată de acțiunea contrară a magnetului așezat în sens invers (fig. 93 *A*). Dimpotrivă, în magnet toți acești magneți elementari sînt ordonați astfel încît cu polii de același sens sînt

îndreptați în aceeași direcție, după cum se arată în figura 93 *B*.

Ce se petrece deci în bucata de oțel cînd aceasta este apropiată de un magnet? Prin forța sa de atracție, magnetul face ca magneții elementari ai barei de oțel să se întoarcă cu polii de același sens în aceeași parte. În figura 93 *C* este reprezentat acest fenomen: magneții elementari se rotesc întîi cu polul sud spre polul nord al magnetului, iar apoi, cînd magnetul se depărtează, se plasează de-a lungul direcției lui de deplasare, cu polul sud spre mijlocul barei.

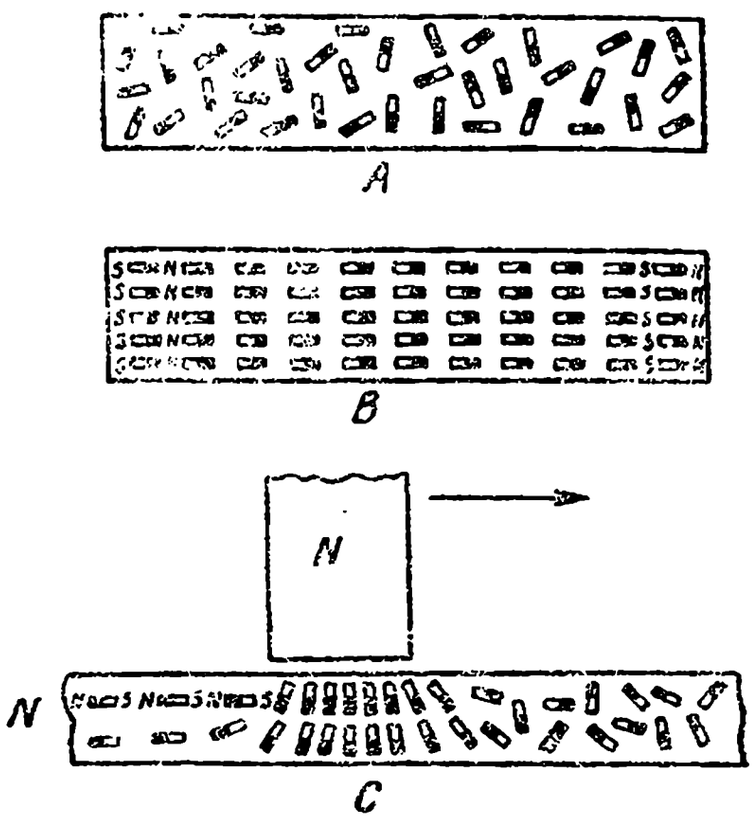


Fig. 93 — *A* — Așezarea magneților atomici într-o bandă de oțel nemagnetizat; *B* — idem în oțel magnetizat; *C* — acțiunea polului magnetului asupra magneților atomici și oțelului care este magnetizat.

De aici este ușor de înțeles cum trebuie folosit magnetul pentru a magnetiza bara de oțel: unul dintre polii magnetului trebuie apropiat de capătul barei și, apăsînd bine, magnetul trebuie purtat de-a lungul barei. Aceasta este una dintre metodele cele mai simple și mai vechi de magnetizare, utilă numai pentru obținerea unor magneți slabi de dimensiuni reduse. Magneții puternici se pot obține folosindu-se proprietățile curentului electric.

ELECTROMAGNEȚII URIAȘI

Prin uzinele metalurgice pot fi văzute macarale electromagnetice care transportă greutăți foarte mari. Aceste macarale sînt foarte utile pentru ridicarea și deplasarea maselor de fier în turnătoriile de oțel și în alte uzine de acest gen.

Blocuri masive de fier sau piese de mașină voluminoase, cu greutatea de zeci de tone, sînt transportate cu ușurință de aceste macarale, fără a mai fi necesară fixarea lor. Tot așa sînt transportate fără ambalaj foi metalice, sîrma, cuiele și alte materiale al căror transport ar fi dat destulă bătaie de cap dacă s-ar fi folosit o altă metodă.

În figura 94 și 95 se arată cum sînt utilizați magneții în acest scop. Ce muncă migăloasă ar fi fost adunarea și transportul acestor plăci de fier, pe care le-a adunat și transportat în timpul cel mai scurt macaraua cu magnet din figura 94; aici nu este vorba numai de economie de forță, ci și de simplificarea muncii. În figura 95 vedeți cum macaraua cu magnet transportă chiar cuie ambalate în butoaie, ridicînd dintr-o dată cîte șase butoaie. Într-o uzină metalurgică care dispune doar de patru macarale, din care fiecare poate transporta dintr-o dată zece șine, este înlocuită munca manuală a două sute de muncitori. Obiectele transportate

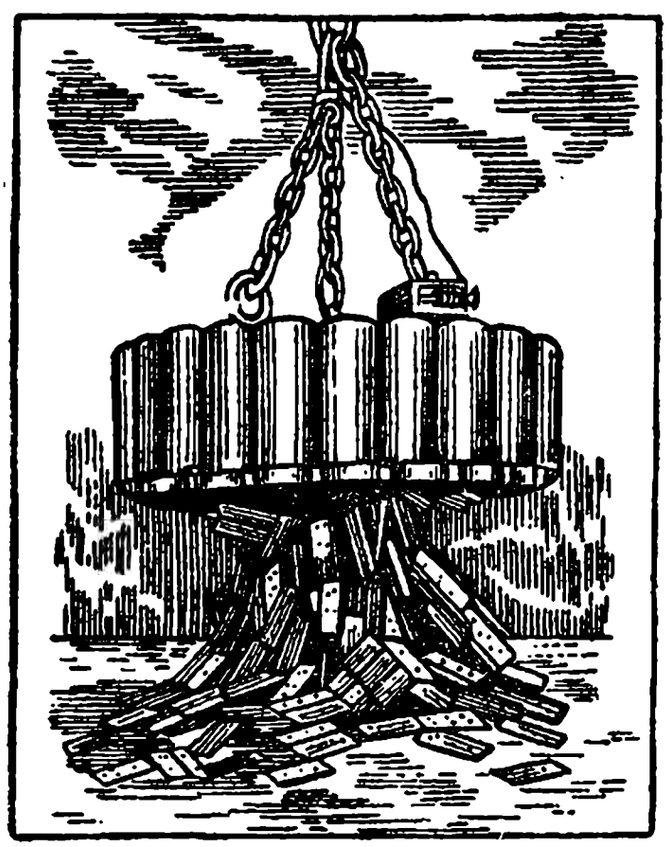


Fig. 94 — Macaraua electromagnetică poate transporta plăci de fier.

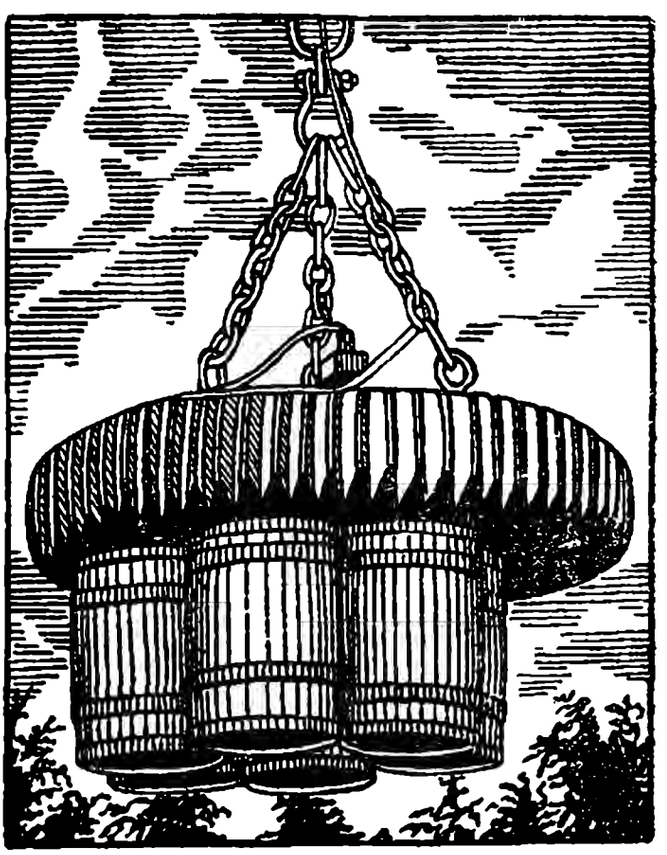


Fig. 95 — Macaraua electromagnetică transportă butoaie cu cuie.

nu trebuie fixate în nici un fel: atît timp cît prin bobina electromagnetului circulă curentul, nu va cădea nici unul dintre obiectele transportate.

Dacă însă, dintr-un motiv oarecare, curentul prin bobină este întrerupt, atunci accidentul este inevitabil. La început au fost astfel de cazuri. „Într-una din uzinele americane — citim într-o revistă tehnică — electromagnetul ridica blocurile de fier aduse în vagoane și le arunca în cuptor. Dar la uzina electrică de pe Niagara care furniza curentul electric s-a produs o defecțiune și curentul s-a întrerupt; masa metalică s-a desprins de electromagnet și s-a prăvălit cu întreaga-i greutate în capul unui muncitor. Pentru a evita repetarea unor astfel de accidente, precum și în scopul economisirii consumului de energie electrică, se folosesc acum niște dispozitive speciale. După ce obiectele care urmează a fi transportate sînt ridicate de magnet, sînt coborîte și fixate niște dispozitive de prindere din oțel, care susțin greutatea, chiar dacă curentul este întrerupt în timpul transportului".

Diametrul electromagneților reprezentați în figurile 94 și 95 atinge 1 $^1/_2$ m; fiecare magnet ca acesta transportă în 24 de ore peste 600 de tone de materiale. Există electromagneți care pot ridica dintr-o dată 75 de tone, adică o locomotivă întreagă!

Poate că, privind modul cum funcționează acești electromagneți, unii cititori își spun în gînd: ce comod ar fi fost să se transporte masele de fier incandescente cu ajutorul unor astfel de macarale. Din păcate, acest lucru este posibil numai pînă la o anumită temperatură, pentru că fierul incandescent își pierde proprietățile magnetice. Magnetul încălzit pînă la 800°C își pierde proprietățile magnetice.

Tehnica metalurgică modernă folosește pe scară largă electromagneții pentru fixarea și transportul produselor de fier și fontă. Au fost construite sute de mandrine, mese și alte dispozitive care simplifică mult prelucrarea, reducînd mult și timpul necesar pentru aceasta.

SCAMATORII CU MAGNEȚI

Forța electromagneților este folosită uneori și de scamatori. Nu este greu de imaginat ce trucuri de efect pot fi realizate cu ajutorul acestei forțe invizibile. Dury, autorul cunos-

cutei cărți *Electricitatea și utilizarea ei*, reproduce într-un loc povestirea unui scamator francez despre spectacolul dat în Alger. Scamatoria descrisă mai jos a produs asupra spectatorilor neavizați efectul unei adevărate vrăjitorii.

„Pe scenă, povestește scamatorul, se afla un mic cufăr ferecat cu fier, al cărui capac este prevăzut cu un mîner. Invit pe scenă un spectator mai voinic. La invitația mea răspunde un arab de statură mijlocie, dar vînjos, un fel de Hercule arab. Înaintează cu un aer încrezut și, zîmbind maliții, se oprește lîngă mine.

— Ești foarte puternic? l-am întrebat măsurîndu-l din cap pînă-n picioare.

— Da, răspunde arabul sigur de el.

— Ești convins că vei rămîne mereu puternic?

— Absolut.

— În acest caz te înșeli: te pot lipsi într-o clipă de întreaga ta forță și vei deveni neputincios ca un copil.

Arabul a zîmbit disprețuitor, ca semn că nu crede nici o vorbă din cele ce i-am spus.

— Apropie-te, zisei, și ridică acest cufăr.

Arabul s-a aplecat, a ridicat cufărul și apoi a întrebat:

— Asta-i tot?

— Mai așteaptă puțin, răspunsei. Apoi făcui, cu un aer cît se poate de serios, un gest plin de măreție și zisei:

— Acum ești mai slab decît o femeie. Mai încearcă o dată să ridici cufărul.

Arabul fără să se sperie cîtuși de puțin de vrăjile mele, s-a aplecat din nou să ridice cufărul, care însă, de data aceasta, opune o rezistență pe care omul, cu toate eforturile-i desperate, nu reușește s-o înfrîngă. El își încordează toți mușchii, ca și cum ar fi trebuit să ridice o greutate uriașă, dar încercările îi rămîn zadarnice. Cu forțele epuizate, transpirat și rușinat, el renunță în cele din urmă. Acum începe să creadă în vrăjitorie".

Secretul „vrăjitoriei" era simplu. Fundul de fier al cufărului se afla așezat pe un suport, care nu era altceva decît polul unui electromagnet puternic. Atît timp cît curentul era întrerupt, cufărul putea fi ridicat cu ușurință; îndată însă ce curentul trecea prin bobina electromagnetului, cufărul nu putea fi ridicat nici chiar prin eforturile a 2—3 oameni.

MAGNETUL ÎN AGRICULTURĂ

Este și mai interesant serviciul pe care-l face magnetul în agricultură, permiţînd separarea plantelor de cultură de seminţele diferitelor buruieni. Asemenea buruieni au seminţe păroase, care se agaţă de părul animalelor care trec pe lîngă ele, răspîndindu-se astfel la depărtări mari de planta-mamă. Această proprietate a buruienilor, formată în decursul milioanelor de ani de luptă pentru existenţă, a fost folosită de tehnica agricolă pentru a separa cu ajutorul magnetului seminţele păroase ale buruienilor de seminţele netede ale plantelor utile, ca inul, trifoiul, lucerna. Dacă seminţele plantelor de cultură sînt presărate cu pilitură de fier, atunci granulele de fier se prind de seminţele buruienilor, fără a se lipi de cele netede ale plantelor de cultură. Nimerind apoi în cîmpul de acţiune al unui electromagnet destul de puternic, amestecul de seminţe este separat automat în seminţe curate şi în impurităţi; magnetul extrage din amestec toate seminţele de care s-a prins pilitura de fier.

MAŞINA DE ZBOR MAGNETICĂ

La începutul acestui volum ne-am referit la o interesantă lucrare a scriitorului francez Cyrano de Bergerac. Printre altele aici este descrisă o maşină de zbor curioasă, a cărei funcţionare se bazează pe atracţia magnetică şi cu ajutorul căreia unul dintre eroii povestirii a zburat în Lună. Reproduc acest pasaj:

„Am comandat o căruţă uşoară de fier; luînd loc comod în ea am început să arunc în sus, deasupra mea, o sferă magnetică. Căruţa mea de fier era imediat atrasă în sus. Îndată ce mă apropiam de locul în care eram atras de sferă, o aruncam din nou în sus. Chiar dacă ţineam sfera în mîna înălţată deasupra capului, căruţa urca, tinzînd să se apropie de magnet. Astfel, după un şir de aruncări ale sferei şi de înălţări ale căruţei mele, m-am apropiat de locul de unde a început că-

derea mea pe Lună. Şi deoarece în acest moment ţineam strîns în mînă sfera magnetică, căruţa se lipea de mine şi nu mă părăsea. Ca să nu fiu zdrobit în timpul căderii îmi aruncam astfel sfera, încît căderea căruţei să fie frînată de atracţia ei. Cînd eram la vreo două-trei sute de stînjeni depărtare de suprafaţa Lunii, am început să arunc sfera într-o direcţie care forma un unghi drept cu direcţia de cădere, pînă la apropierea completă a căruţei de sol. Atunci am făcut o săritură şi am coborît lin pe nisip".

Nimeni — nici autorul romanului şi nici cititorii cărţii lui — nu s-a îndoit de faptul că maşina de zbor descrisă nu este bună de nimic. Dar nu cred că sînt mulţi cei care ştiau să spună din ce cauză nu era realizabil acest proiect: că nu poate fi aruncat în sus un magnet cînd te afli într-o căruţă de fier sau că această căruţă nu va fi atrasă de magnet sau cine ştie ce altceva?

Nu, magnetul poate fi aruncat în sus şi el ar fi putut atrage căruţa de fier dacă ar fi fost suficient de puternic şi totuşi maşina de zbor nu s-ar fi deplasat de loc în sus.

Vi s-a întîmplat să aruncaţi din barcă spre mal un obiect greu? Desigur că aţi observat că atunci barca sé depărtează de mal. Muşchii dumneavoastră, comunicînd obiectului lansat un impuls într-o direcţie, împing corpul dumneavoastră (şi împreună cu el şi barca) în sensul opus. Aici se manifestă acea lege a egalităţii forţei de acţiune cu cea de reacţiune, despre care am mai vorbit. La aruncarea magnetului se petrece acelaşi lucru: călătorul, aruncînd sfera magnetică în sus (cu un efort mare, pentru că sfera este atrasă de căruţa de fier), respinge inevitabil întreaga căruţă în jos. Apoi, cînd sfera şi căruţa se apropie din nou datorită forţei de atracţie, ele se întorc doar la locul lor iniţial. Prin urmare, este clar că şi în cazul cînd căruţa n-ar fi cîntărit nimic, prin lansarea sferei magnetice i s-ar fi putut comunica doar oscilaţii în jurul unei oarecare poziţii mijlocii; prin această metodă nu i se poate imprima o mişcare de translaţie.

Pe vremea lui Cyrano (la mijlocul secolului al XVII-lea) legea acţiunii şi reacţiunii nu fusese formulată încă; de aceea este îndoielnic că satiricul francez ar fi putut explica clar inconsistenţa proiectului său glumeţ.

ASEMENEA „SICRIULUI LUI MAHOMED“

Un caz interesant a fost observat o dată în timpul lucrului cu macaraua electromagnetică. Unul dintre muncitori a observat că electromagnetul a atras o sferă de fier grea cu un lanț scurt fixat de podea, care nu i-a permis sferei să se apropie complet de magnet: între sferă și magnet a rămas o distanță de o palmă. Tabloul era inedit: un lanț care stătea în picioare! Forța magnetului era atît de mare, încît lanțul și-a păstrat poziția verticală chiar atunci cînd un muncitor s-a agățat de el[1]. Un fotograf aflat în apropiere s-a grăbit să fixeze pe peliculă acest moment atît de interesant și noi reproducem aici desenul în care este reprezentat un om atîrnat în aer asemenea legendarului sicriu al lui Mahomed (fig. 96).

Fig. 96 — Lanțul greu de fier, stînd în picioare.

Dar iată și cîteva cuvinte despre sicriul lui Mahomed. Musulmanii drept-credincioși sînt convinși de faptul că sicriul cu rămășițele „profetului“ stă suspendat în aer, în criptă, fără a se sprijini de podea sau tavan.

Este oare posibil acest lucru? În lucrarea sa *Scrisori despre diferitele materii fizice*, Euler scria: „Se spune că sicriul lui Mahomed este susținut de forța unui magnet oarecare; aceasta nu apare imposi-

[1] Aceasta arată forța uriașă a electromagnetului, pentru că acțiunea de atracție a magneților slăbește mult o dată cu creșterea distanței dintre pol și corpul atras. Magnetul în formă de potcoavă, care reține în contact direct o greutate de 100 de grame, își reduce la jumătate forța sa de ridicare cînd între el și greutate se introduce o foaie de hîrtie. Iată de ce capetele magnetului nu sînt de obicei acoperite cu vopsea, deși aceasta l-ar proteja contra ruginii.

bil, pentru că există magneţi artificiali care ridică pînă la 100 de funţi [1, 2]".

Această explicaţie nu este concludentă; dacă prin această metodă (adică folosind atracţia magnetică) s-ar fi realizat un asemenea echilibru pentru o clipă, atunci ar fi fost suficient cel mai mic impuls, cea mai mică mişcare a aerului, pentru a-l distruge şi sicriul fie că ar fi căzut pe podea, fie că ar fi fost atras spre tavan. Practic era tot atît de imposibil să fie menţinut imobil, pe cît de imposibil ar fi de aşezat un con în vîrful lui, deşi acest lucru este admisibil din punct de vedere teoretic.

De altfel fenomenul „sicriul lui Mahomed" poate fi reprodus foarte bine şi cu ajutorul magneţilor, dar nu folosind atracţia lor reciprocă, ci, dimpotrivă, forţa lor de respingere (faptul că magneţii nu se atrag numai, ci se şi resping, este adesea uitat chiar de oameni care studiază fizica). După cum se ştie, polii cu acelaşi semn se resping reciproc. Două bare magnetizate, aşezate astfel încît polii lor de acelaşi sens se găsesc unul deasupra celuilalt, se resping; potrivind greutatea barei de sus în mod corespunzător, nu este greu să obţinem ca ea să plutească deasupra celei de jos, menţinîndu-se, fără a se atinge de aceasta, într-un echilibru stabil. Este necesar doar ca, cu ajutorul unor suporţi din material nemagnetic — de exemplu din sticlă —, să se preîntîmpine posibilitatea rotirii magnetului de sus

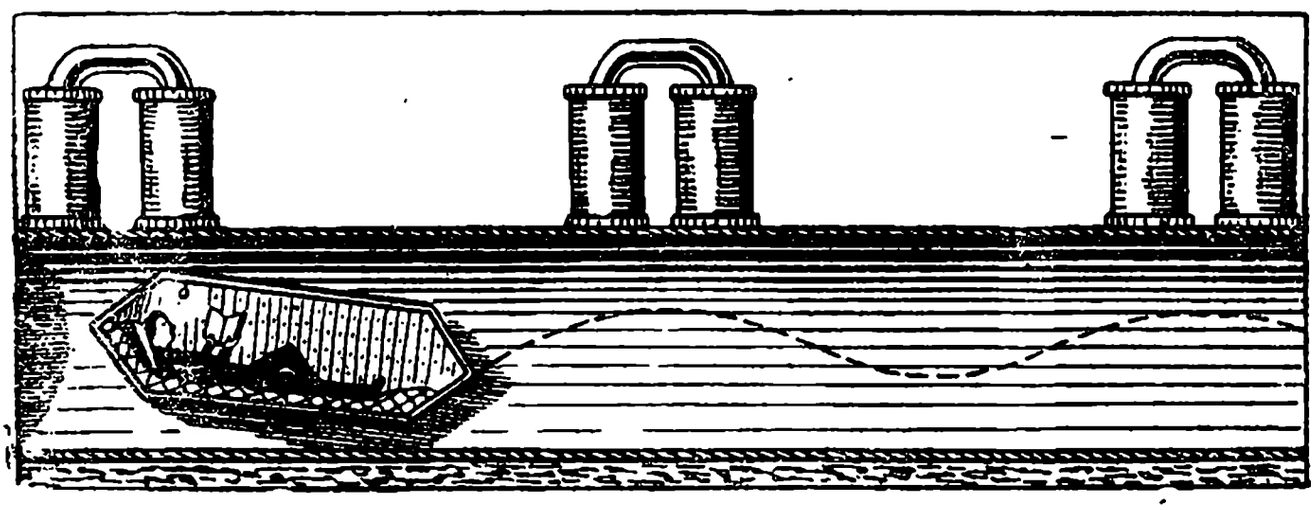


Fig. 97 — Vagonul care goneşte fără frecare. Calea ferată proiectată de prof. B. P. Veinberg.

[1] Scris în 1774, cînd electromagneţii nu erau încă cunoscuţi.

[2] Funtul rus = 409,512 g; englez = 453,6; german = 400 g. *(n. t.)*

în planul orizontal. În felul acesta ar fi putut pluti în aer și sicriul legendar al lui Mahomed.

În sfîrșit, un fenomen de acest fel este realizabil și prin forța de atracție magnetică dacă este vorba de un corp în mișcare. Pe această idee se bazează remarcabilul proiect al unei căi ferate electromagnetice fără frecare (fig. 97), propusă de fizicianul sovietic prof. B.P. Veinberg. Proiectul este atît de instructiv, încît e util să fie cunoscut de toți cei care se interesează de fizică.

TRANSPORTUL ELECTROMAGNETIC

În calea ferată al cărei proiect a fost propus de prof. B. P. Veinberg, vagoanele vor fi absolut imponderabile, greutatea lor fiind anihilată de atracția electromagnetică. De aceea nu vă veți mira aflînd că, în conformitate cu proiectul, vagoanele nu se deplasează pe șine, nu plutesc pe apă, nu planează în aer, ci ele zboară fără nici un suport, nu se ating de nimic, sînt suspendate de firele invizibile ale forțelor magnetice uriașe. Ele nu sînt supuse nici unei frecări și, prin urmare, odată puse în mișcare, își mențin prin inerție viteza, fără a avea nevoie de locomotivă.

Acest lucru se realizează în felul următor. Vagoanele se deplasează în interiorul unui tunel de cupru, din care a fost pompat aerul pentru ca rezistența lui să nu frîneze deplasarea vagoanelor. Frecarea de fundul tunelului este anihilată prin faptul că vagoanele se deplasează fără a se atinge de pereții lui, fiind susținute în vid de forța electromagneților. În acest scop, de-a lungul întregului drum, deasupra tunelului sînt așezați, la o anumită distanță între ei, electromagneți foarte puternici. Ei atrag vagoanele de fier care se deplasează în interiorul tunelului și le împiedică să cadă. Forța magneților este astfel calculată, încît vagonul de fier care trece prin tunel rămîne tot timpul între „tavanul“ și „podeaua“ ei, fără să se atingă de unul sau de celălalt. Electromagnetul atrage în sus vagonul ce se deplasează sub el, dar vagonul nu are timp să atingă tavanul,

pentru că se află sub acțiunea greutății sale: îndată însă ce este gata să atingă podeaua, este ridicat de forța electromagnetului următor... Astfel, atras tot timpul de electromagneți, vagonul se deplasează în linie sinuoasă fără frecare, fără șocuri, în vid, ca o planetă în spațiul cosmic.

Dar ce reprezintă oare vagoanele? Sînt niște cilindri în formă de trabuc, cu înălțimea de 90 cm și lungimea de aproximativ $2\ ^1/_2$ m. Desigur că vagonul este închis ermetic — el se deplasează într-un spațiu lipsit de aer — și, asemenea submarinelor, este prevăzut cu aparate pentru purificarea automată a aerului.

Metoda de punere în mișcare a vagoanelor se deosebește și ea complet de toate metodele folosite pînă acum: ea poate fi comparată doar cu lansarea din tun. Și, într-adevăr, aceste vagoane sînt „lansate" ca niște obuze, numai că aici „tunul" este electromagnetic. Construcția stației de plecare se bazează pe proprietatea conductorului („solenoidului") răsucit în spirală, sub formă de bobină, de a atrage în această înfășurare, cînd prin ea trece curentul, o tijă de fier; acest proces se petrece atît de repede, încît, dacă lungimea înfășurării și intensitatea curentului sînt suficiente, tija poate căpăta o viteză uriașă. Tocmai această forță va lansa vagoanele în noua cale magnetică. Deoarece în interiorul tunelului nu există frecare, viteza vagoanelor nu scade și ele se deplasează prin inerție pînă cînd sînt oprite de solenoidul stației de destinație.

Iată cîteva amănunte date de autorul proiectului:

„Experiențele pe care le-am făcut în 1911—1913 în laboratorul de fizică al Institutului tehnologic din Tomsk, au fost efectuate cu un tub de cupru (cu diametrul de 32 cm) deasupra căruia se găseau electromagneții, iar sub el, pe un suport, se afla vagonetul — o bucată de țeavă de fier cu roți în față și în spate și cu un «cioc» cu care se proptea la oprire într-o bucată de scîndură, sprijinită de un sac cu nisip. Acest vagonaș cîntărea 10 kg. I se putea imprima o viteză de aproximativ 6 km pe oră, care nu putea fi depășită din cauza dimensiunilor reduse ale camerei și tubului inelar (diametrul inelului era de $6\frac{1}{2}$ m). Dar în proiectul pe care l-am elaborat, în care la stația de pornire s-au prevăzut solenoizi cu

lungimea de trei verste [1], viteza putea ajunge cu ușurință la 800—1 000 km/oră, iar datorită lipsei aerului în tunel, precum și a frecării de podea sau de tavan, nu trebuie consumată nici un fel de energie pentru menținerea ei.

Cu toate că cheltuielile de amenajare ar fi mari, o bună parte dintre ele fiind necesare pentru construirea tunelului de cupru, totuși, datorită faptului că nu mai sînt necesare cheltuieli pentru energia de menținere a vitezei, pentru plata mecanicilor, conductorilor etc., costul unui kilometru ar fi între cîteva miimi și 1—2 sutimi de copeici, iar capacitatea de transport a căii cu două tunele ar fi de 15 000 de pasageri sau 10 000 tone în 24 de ore într-o direcție".

BĂTĂLIA DINTRE MARȚIENI ȘI PĂMÎNTENI

Naturalistul Pliniu din Roma antică reproduce povestirea, populară pe vremea lui, despre stînca magnetică care a existat undeva în India pe țărmul mării și care atrăgea cu o forță uimitoare toate obiectele de fier. Era vai și amar de orice marinar care îndrăznea să se apropie cu corabia sa de această stîncă. Ea extrăgea din navă toate cuiele, șurubu-rile, scoabele de fier și corabia se desfăcea în scînduri.

Mai tîrziu această legendă a intrat în poveștile din 1001 de nopți.

Desigur că este vorba de o legendă. Știm acum că munți magnetici, adică munți bogați în minereu magnetic, există cu adevărat; să ne amintim, de exemplu, de Muntele Magnitnaia, unde se înalță acum cuptoarele Magnitogorskului. Dar forța de atragere a acestor munți este foarte mică, aproape neglijabilă. În ceea ce privește însă munți sau stînci de genul acelora despre care a scris Pliniu, ele nu au existat niciodată pe globul nostru.

Dacă în prezent se construiesc uneori nave care nu au nici un fel de piese de fier sau de oțel, acest lucru nu se face

[1] 1 verstă = 1075 m. *(n. t.)*

de teama stîncilor magnetice, ci pentru a se putea studia mai bine magnetismul terestru.

La lucrările efectuate după programul Anului Geofizic Internaţional din 1957—1958, din partea Uniunii Sovietice a participat o astfel de navă (goeleta „Zarea"), care nu era supusă acţiunii forţelor magnetice; peste tot unde în mod obişnuit este folosit fierul sau oţelul — în piesele motorului, ancora etc.— , aceste metale au fost înlocuite cu cupru, bronz, aluminiu şi alte metale neferoase.

Romancierul K. Lasswitz a folosit ideea din legenda lui Pliniu pentru a inventa o armă militară teribilă la care recurg în romanul lui *În cele două planete* invadatorii de pe planeta Marte în lupta lor împotriva armatelor terestre. Dispunînd de o astfel de armă magnetică (mai bine zis electromagnetică), marţienii nici nu intră în luptă cu locuitorii Pămîntului, ci-i dezarmează încă înainte de începutul bătăliei.

Iată cum descrie romancierul acest episod al luptei dintre marţieni şi locuitorii Pămîntului.

„Rînduri sclipitoare de călăreţi s-au năpustit înainte. Părea că acţiunile hotărîte ale armatei l-au forţat, în sfîrşit, pe puternicul inamic (marţienii — *n.a.*) să se retragă, pentru că navele lui aeriene au întreprins o nouă manevră. Ele s-au înălţat în aer, părăsind locul ce-l ocupaseră.

Dar în acelaşi timp a coborît de sus o masă întunecată, apărută abia acum deasupra cîmpului. Asemenea unui văl dens, această masă, înconjurată de navele aeriene, s-a desfăşurat deasupra cîmpului. Iată că primul şir de călăreţi a intrat în raza ei de acţiune şi îndată strania maşină s-a întins deasupra întregului regiment. Acţiunea ei era neaşteptată şi monstruoasă! Deasupra cîmpului a răsunat un strigăt de spaimă. Caii şi călăreţii se zbăteau ghemuiţi pe pămînt, iar aerul era plin de un nor dens de suliţe, spade şi carabine care zburau zăngănind şi trosnind spre maşina ce le atrăgea irezistibil.

Maşina a lunecat puţin într-o parte şi a aruncat înapoi pe pămînt tot ce secerase. De două ori a mai revenit pentru a cosi parcă întregul armament de pe cîmpul de bătălie. Nu s-a aflat nici un braţ căruia să nu reuşească să-i smulgă sabia sau suliţa.

Această mașină era o nouă invenție a marțienilor: ea atrăgea cu o forță de neînvins tot ce era confecționat din fier sau din oțel. Cu ajutorul acestui magnet care plana în aer, marțienii smulgeau din mîna inamicului lor arma fără să-i rănească.

Magnetul aerian s-a deplasat, apropiindu-se acum de infanterie. Zadarnic căutau bieții soldați să reziste acestei forțe înspăimîntătoare, agățîndu-se cu ambele brațe de armele lor; ele erau smulse într-o clipită din mînă, iar cei care nu-și descleștau mîinile erau ridicați în aer împreună cu ea. În cîteva minute primul regiment era dezarmat. Mașina s-a îndreptat spre regimentul ce mărșăluia prin oraș, pregătindu-i aceeași soartă.

Și soarta artileriei a fost aceeași."

CEASUL ȘI MAGNETISMUL

Citind extrasul de mai sus, ne punem în mod firesc întrebarea: oare nu ne putem apăra de acțiunea forțelor magnetice, nu ne putem ascunde de ele în spatele unui paravan sigur?

Acest lucru este pe deplin posibil și invenția fantastică a marțienilor ar fi putut fi făcută inofensivă dacă s-ar fi luat din timp măsurile necesare.

Oricît de straniu ar părea, substanța impermeabilă pentru forțele magnetice este același fier, care se magnetizează atît de ușor! În i n t e r i o r u l inelului de fier, acul busolei nu este deviat de magnetul așezat în afara inelului.

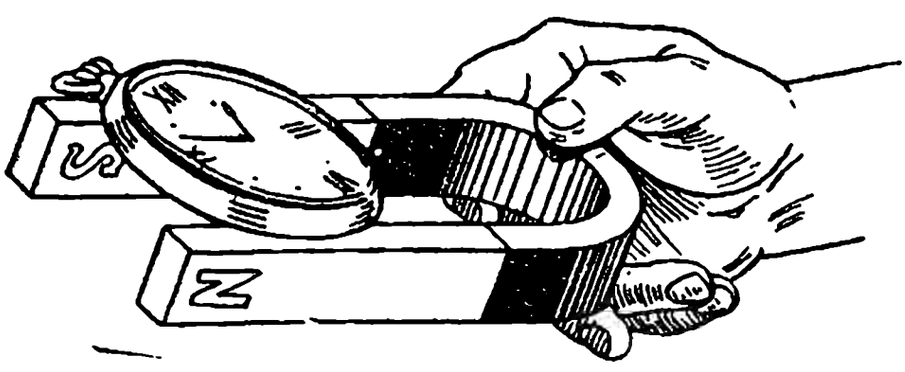


Fig. 98 — Ce anume protejează de magnetizare mecanismul de oțel al ceasului?

O cutie metalică poate proteja împotriva acțiunii forțelor magnetice mecanismul de oțel al ceasului de buzunar. Dacă ați așeza un ceas de aur pe polii unui magnet puternic în formă de potcoavă, atunci toate piesele de oțel ale mecanismului, în primul rînd acul filiform al balansierului [1], s-ar magnetiza și ceasul nu ar mai funcționa bine. Îndepărtînd magnetul, ceasul nu revine la starea-i anterioară, piesele de oțel ale mecanismului vor rămîne magnetizate și ceasul va necesita o reparație serioasă și înlocuirea multora din piesele lui. De aceea ceasul de aur nu trebuie supus la astfel de experiențe, ele fiind prea costisitoare.

Dimpotrivă, experiența de mai sus o puteți efectua fără grijă cu un ceas al cărui mecanism este bine închis cu capace de fier sau de oțel: forțele magnetice nu pătrund prin fier și prin oțel. Apropiați un astfel de ceas de bobinele celui mai puternic dinam: funcționarea ceasului nu va avea de suferit cîtuși de puțin. Astfel de ceasuri ieftine de fier sînt ideale pentru electrotehnicieni, în timp ce ceasurile de aur și de argint se defectează foarte repede sub acțiunea magneților.

„PERPETUUM MOBILE" MAGNETIC

În istoria încercărilor de a inventa „motorul perpetuu", magnetul a jucat unul dintre primele roluri. Mulți inventatori au încercat să folosească în diferite feluri magnetul pentru construirea unui mecanism care să se miște veșnic prin el însuși. Iată unul dintre proiectele unui astfel de „mecanism" (descris în secolul al XVII-lea de englezul John Wilkinson, episcopul din Chester).

Un magnet puternic *A* se plasează pe o coloană (fig. 99). De ea se sprijină două jgheaburi înclinate *M* și *N* unul sub altul; jgheabul de sus *M* are un mic orificiu *C* în partea de sus, iar cel de jos este curbat. Inventatorul își făcea urmă-

[1] Dacă acest fir nu este făcut dintr-un aliaj special i n v a r, care nu se magnetizează, deși în compoziția lui intră fier și nichel.

toarea socoteală: dacă în jgheabul de sus va așeza o bilă mică de fier *B*, atunci aceasta, datorită atracției magnetului *A*, se va deplasa în sus; ajungînd însă la orificiu, ea va cădea în jgheabul de jos *N*, se va rostogoli prin el în jos, se va ridica de-a lungul curburii *D* a acestui jgheab și va nimeri în jgheabul *M*; atras de magnet el va urca iarăși, va cădea din nou în orificiu, se va rostogoli și se va ridica din nou în jgheabul de sus, pentru a-și începe din nou mișcarea. Astfel bila își va continua mereu mișcarea, efectuînd o „mișcare perpetuă".

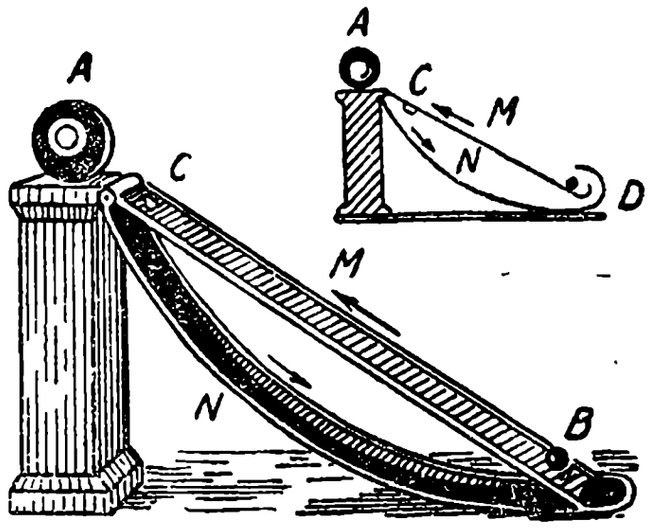


Fig 99 — Un proiect de „perpetuum mobile" magnetic.

În ce constă absurditatea acestei invenții?

Nu este greu să ne dăm seama de realitate. De ce inventatorul a crezut că bila, după ce s-a rostogolit prin jgheabul *N* pînă la capătul lui de jos, va mai poseda o viteză suficientă pentru a se ridica pe curbura *D*? Așa ar fi stat lucrurile dacă bila s-ar fi rostogolit doar sub acțiunea greutății: atunci ea s-ar fi rostogolit accelerat. Dar bila noastră se află sub acțiunea a două forțe: greutatea și atracția magnetică. Aceasta din urmă este presupusă a fi atît de mare, încît poate sili bila să se ridice din poziția *B* pînă în *C*. De aceea bila nu se va rostogoli accelerat prin jgheabul *N*, ci încetinit și, chiar dacă ajunge la capătul de jos, nu va acumula în nici un caz viteza necesară pentru a urca curba *D*.

Proiectul descris a fost reluat de mai multe ori ulterior în formele cele mai variate. Unul dintre proiectele de acest fel a fost chiar, oricît de curios ar părea acest lucru, patentat în Germania în 1878, adică la treizeci de ani după formularea legii de conservare a energiei! Inventatorul a mascat în așa fel ideea stupidă a „motorului magnetic perpetuu", încît a indus în eroare comisia tehnică de eliberare a patentelor. Și deși, conform statutului, nu se puteau emite patente pentru invenții a căror idee contravine legilor naturii, de data aceasta s-a acordat în mod formal patentul pentru această invenție. Probabil că fericitul posesor al acestui patent, unic

în felul său, și-a pierdut repede iluziile cu privire la creația sa, pentru că chiar după doi ani a încetat să plătească taxele și curiosul patent a încetat de a mai fi legal: „invenția" a devenit un bun al tuturor. Dar nimeni nu avea nevoie de el.

O PROBLEMĂ DE MUZEU

În practica muncii de muzeu adesea se pune problema citirii unor manuscrise atît de vechi, încît ele se sfîșie la cea mai grijulie încercare de a desprinde o filă de alta. Cum se procedează în astfel de situații?

Pe lîngă Academia de Științe a U.R.S.S. există un laborator de restaurare a documentelor, în care se rezolvă toate problemele de acest gen. În cazul de mai sus, în laborator se recurge la serviciile electricității: manuscrisul se electrizează; foile alăturate, încărcate cu electricitate de același semn, se resping, separîndu-se fără să sufere vreo deteriorare. Foile astfel desprinse se lipesc cu grijă pe hîrtie groasă.

ÎNCĂ UN PERPETUUM MOBILE IMAGINAR

Printre cei care căutau să realizeze la noi un *perpetuum mobile*, de o mare popularitate s-a bucurat în ultimul timp ideea racordării dinamurilor la motorul electric. În fiecare an îmi parvenea cam o jumătate de duzină de astfel de proiecte. Ele se reduc toate la următoarele: roata de transmisie a electromotorului și dinamului trebuie legate printr-o curea de transmisie, iar conductorii dinamului trebuie racordați la motor. Dacă dinamul capătă un impuls inițial, atunci curentul căruia îi dă naștere, venind în motor, îl va pune în funcțiune; energia de mișcare a motorului va fi transmisă prin curea la roata de transmisie a dinamului și-l va pune în funcțiune. Inventatorii presupun că în felul acesta mașinile se vor pune în mișcare reciproc și această mișcare

nu va înceta niciodată pînă la uzura completă a ambelor mașini.

Această idee li se pare unora foarte ispititoare, dar cei care au încercat s-o realizeze în practică s-au convins cu uimire că nici una dintre cele două mașini nu funcționează în aceste condiții. Nici nu trebuie să ne așteptăm la altceva de pe urma acestui proiect. Chiar dacă fiecare dintre cele două mașini ar fi avut un randament de sută la sută, noi le-am fi putut forța să funcționeze necontenit în condițiile arătate mai sus doar dacă ar fi lipsit complet frecarea. Racordînd cele două mașini (realizînd, cum zic inginerii, „un agregat"), se obține de fapt o singură mașină care trebuie să se pună în mișcare singură. În lipsa frecării, agregatul, ca și orice roată de transmisie, ar funcționa veșnic fără ca din această funcționare să se poată obține vreun folos: îndată ce „motorul" ar fi folosit pentru a efectua un oarecare lucru exterior, el s-ar opri. Am avea de-a face cu „mișcarea perpetuă" și nu cu un *perpetuum mobile*. În condițiile existenței frecării însă, agregatul nu ar funcționa de loc.

Este curios faptul că oamenilor preocupați de această idee nu le vine în minte o realizare mult mai simplă a aceleiași idei: să lege cu ajutorul curelei două roți de transmisie oarecare și să pună în mișcare una dintre ele. Urmînd același fir logic ca și în cazul de mai sus, trebuie să ne așteptăm ca prima roată să pună în funcțiune pe a doua și apoi invers. Ne putem mulțumi și cu o singură roată de transmisie: îi imprimăm o mișcare de rotație: partea dreaptă o antrenează pe cea stîngă, iar aceasta din urmă, în mișcarea sa, va menține rotirea celei drepte. În ultimele două cazuri, absurditatea este prea evidentă și de aceea astfel de proiecte nu conving pe nimeni. În esență însă, toate cele trei *perpetuum mobile* au la bază aceeași eroare.

APROAPE PERPETUUM MOBILE

Pentru un matematician, expresia de „aproape perpetuu" nu prezintă nici o atracție. Mișcarea ori poate fi veșnică, ori nu poate fi veșnică; de fapt „aproape perpetuu" înseamnă neperpetuu. Dar în practica de toate zilele

lucrurile stau altfel. Probabil că mulţi ar fi pe deplin satisfăcuţi dacă ar avea la dispoziţie un motor „aproape perpetuu“, care ar putea funcţiona fie şi numai o mie de ani. Viaţa omului este scurtă şi pentru noi un mileniu are durata unei veşnicii. Oamenii practici ar considera, desigur, rezolvată problema *perpetuum*-ului *mobile* şi ar considera că nu este necesar să-şi bată capul.

Îi putem bucura pe aceşti oameni aducîndu-le la cunoştinţă faptul că motorul cu viaţa de un mileniu a şi fost inventat; oricine dispune de mijloace băneşti necesare îşi poate procura un astfel de *perpetuum mobile*! Nimeni nu a solicitat patentul acestei invenţii şi ea nu reprezintă vreun secret. Construcţia dispozitivului inventat în 1903 de prof. Sturt şi numit de obicei „ceas cu radiu“ este foarte simplă (fig. 100). În interiorul unui vas de sticlă din care s-a evacuat aerul este suspendat de un fir de cuarţ *B* (care nu conduce electricitate) un mic tub de sticlă *A*, în care se găsesc cîteva miimi de gram de s a r e d e r a d i u. De capătul tubului sînt prinse, ca în electroscop, două foiţe de aur. După cum se ştie, radiul emite trei feluri de raze: alfa, beta şi gama. În cazul de faţă, rolul principal le revine razelor beta, care trec uşor prin sticlă şi sînt formate dintr-un fascicul de particule încărcate negativ (electroni). Particulele difuzate de radiu în toate direcţiile poartă cu ele sarcina n e g a t i v ă, de aceea însuşi tubul cu radiu se încarcă cu timpul p o z i t i v. Această sarcină pozitivă trece treptat pe foiţele de aur, forţîndu-le să se depărteze. Depărtîndu-se, ele ating pereţii vasului de sticlă, se descarcă (în locurile respective sînt lipite benzi de staniol, prin care se scurge electricitatea) şi se apropie din nou. În curînd se acumulează sarcina nouă, foiţele se depărtează iar, din nou îşi cedează sarcina pereţilor de

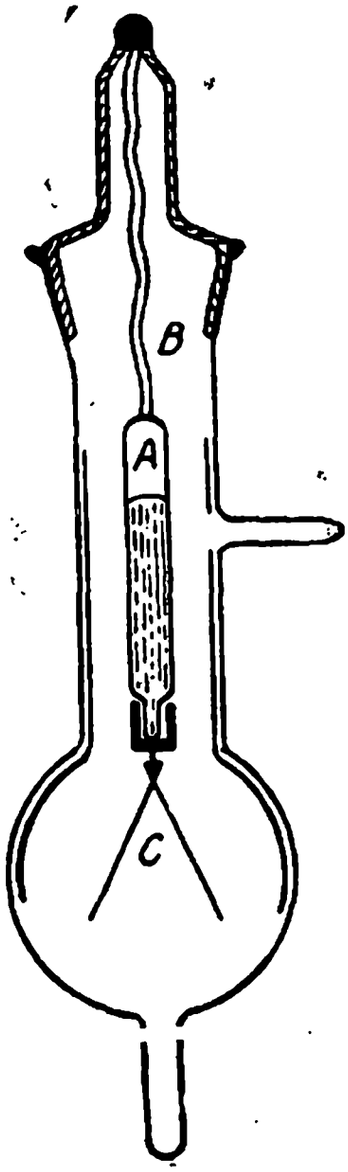


Fig. 100—Ceasul cu radiu, care poate funcţiona aproape „perpetuu“ fără a fi întors 1 600 de ani.

sticlă şi se apropie, pentru a se electriza iarăşi. La fiecare două-trei minute se efectuează o oscilaţie a foiţelor de aur, cu regularitatea unei pendule de ceas: de aici îi vine denumirea de „ceas cu radiu". Această oscilaţie continuă ani, decenii, veacuri, atîta vreme cît radiul emite raze. Bineînţeles însă că cititorul îşi dă seama că aici nu este vorba de un *perpetuum mobile*, ci doar despre un motor gratuit.

Dar cît timp îşi emite radiul razele?

S-a stabilit că după 1 600 de ani capacitatea de emisie a radiului scade la jumătate. De aceea ceasul cu radiu va funcţiona fără întrerupere cel puţin o mie de ani; va scădea doar frecvenţa oscilaţiilor lui datorită reducerii sarcinii electrice. Dacă un astfel de ceas ar fi fost construit încă în epoca de formare a Rusiei, el ar fi funcţionat încă şi în vremurile noastre.

Poate fi folosit oare acest dispozitiv în scopuri practice? Din păcate, nu. Puterea unui astfel de motor, adică lucrul mecanic efectuat într-o secundă, este atît de mică, încît el nu poate pune în funcţiune nici un fel de mecanism. Pentru a se obţine rezultate cît de cît vizibile, trebuie să dispunem de o cantitate de radiu mult mai mare. Dacă ţinem seama de faptul că radiul este un element foarte rar şi foarte scump, ne dăm seama că un motor de acest gen este extrem de departe de a fi economic.

Rezerve uriaşe de energie stau ascunse în interiorul atomului, în nucleul atomic. Eliberarea lor ar oferi omenirii surse inepuizabile de energie. Această problemă se rezolvă sub ochii noştri.

„PĂSĂRICA LUI HOTTABÎCI"

Printre jucăriile pentru copii există una, originară din China, care-i uimeşte pe toţi care o văd funcţionînd. Ea se numeşte „păsărica nesătulă" sau „păsărica lui Hottabîci". Plasată în faţa unei căni, această păsărică îşi moaie ciocul în apă şi, „luînd o înghiţitură", se îndreaptă. Rămînînd puţin în această poziţie, ea începe să se aplece din nou încetişor,

atinge apa cu ciocul, „bea“ și se îndreaptă iarăși. Această jucărie este un reprezentant tipic de motor gratuit. Mecanismul mișcării ei este foarte ingenios. Priviți figura 101. „Trupul“ păsărelei este format dintr-un tub de sticlă cu o sferă la capăt, căreia i s-a dat forma unui cap cu cioc. Celălalt capăt al tubului este deschis și cufundat într-un rezervor mai larg, închis și el ermetic. Acest rezervor este umplut cu lichid în așa fel, încît nivelul acestuia depășește puțin capătul deschis al tubului.

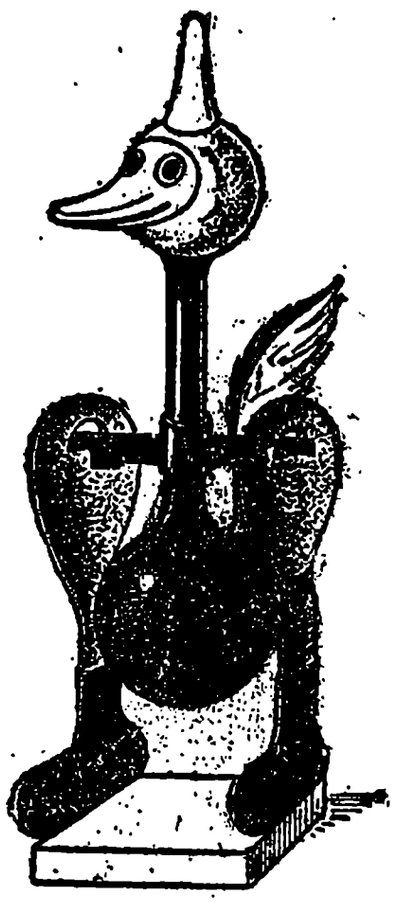


Fig. 101 — Păsărica lui Hottabîci.

Pentru ca păsărica „să prindă viață“ trebuie să-i udăm puțin cu apă căpșorul. Cîtva timp după aceasta păsărica va continua să rămînă în poziție verticală, pentru că rezervorul larg de jos este mai greu decît capul. Să vedem acum ce se întîmplă mai departe. Observăm că lichidul se ridică în tub (fig. 102). Cînd el atinge capătul de sus al tubului, partea de sus devine mai grea decît cea de jos și pasărea își pleacă ciocul deasupra cănii. Cînd ea ajunge în poziție orizontală, atunci capătul deschis al tubului se află deasupra nivelului lichidului din rezervorul de jos și lichidul din tub se scurge înapoi în rezervor. „Coada“ devine din nou mai grea decît capul și pasărea își reia poziția verticală. Am înțeles acum latura mecanică a problemei: mișcarea lichidului schimbă distribuția greutății față de ax,

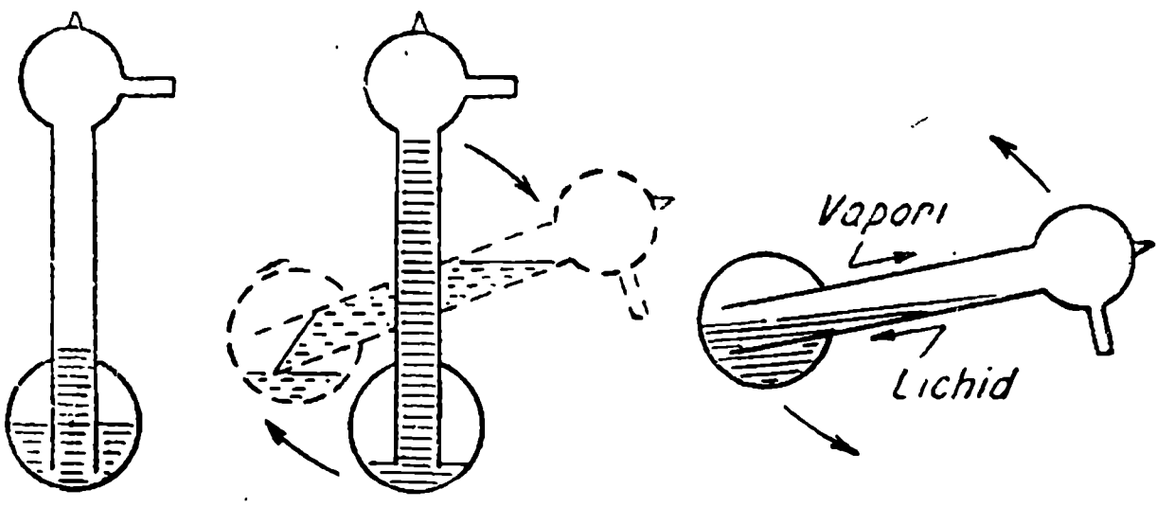


Fig. 102 — „Secretul“ de construcție a păsării lui Hottabîci.

adică face să se deplaseze centrul de greutate. Dar ce anume forțează lichidul să urce?

Lichidul din interiorul păsării — eterul — se evaporă cu ușurință la temperatura camerei, iar presiunea vaporilor saturați ai eterului variază brusc o dată cu variația temperaturii.

Cînd pasărea se află în poziție verticală, se pot distinge două regiuni ale vaporilor de eter: cea din tub și cap și cea din balonul de jos.

Capul păsării are o proprietate interesantă: cînd este udat cu apă atunci are o temperatură mai scăzută decît cea a mediului înconjurător. Acest lucru se obține cu ușurință, realizîndu-se capul dintr-un material poros care se îmbibă bine cu lichid și care-l evaporă intens. Amintiți-vă raționamentele făcute în capitolul 7. Evaporarea intensă este însoțită de scăderea temperaturii capului păsării față de temperatura tubului și cea a rezervorului de jos. Aceasta, la rîndul său, duce la o reducere a presiunii vaporilor saturați din balonașul de sus și lichidul este împins pe tub în sus de presiunea mai mare a vaporilor din partea de jos a jucăriei. Centrul de greutate se deplasează și pasărea ia poziția orizontală. În această poziție au loc, independent unul de celălalt, două procese. În primul rînd, pasărea își moaie ciocul în apă, muind astfel încă o dată materialul din care-i este confecționat capul. În al doilea rînd are loc amestecarea vaporilor saturați din partea de jos și din cea de sus, presiunea se egalizează (datorită căldurii aerului înconjurător va avea loc o mică creștere a temperaturii vaporilor) și, sub acțiunea propriei lui greutăți, lichidul din tub se va scurge în rezervorul de jos. Pasărea va lua iarăși poziția verticală.

Jucăria va funcționa fără oprire atîta timp cît îi va fi umezit capul, cu condiția doar ca umezeala aerului înconjurător să nu fie mai mare: așa se va asigura o evaporare normală și deci și scăderea relativă a temperaturii capului. Astfel căldura aerului înconjurător este sursa mișcării jucăriei fermecate. Avem un exemplu vădit de motor gratuit, dar în nici un caz de *perpetuum mobile*.

Studiul legilor de dezintegrare a elementelor radioactive le-a permis cercetătorilor să dispună de o metodă sigură pentru calculul vîrstei Pămîntului.

Ce este dezintegrarea radioactivă? Este transformarea „arbitrară" (adică independentă de cauze exterioare) a unor atomi în alții. Această transformare nu este influențată de nici un fel de factori externi. Scăderea sau creșterea temperaturii, presiunii etc. nu exercită nici o influență asupra vitezei de desfășurare a procesului[1]. Elementele uraniu, toriu și actiniu, conținute în unele minerale, stau la baza unui șir (familii) de elemente radioactive. Fiecare familie radioactivă este o succesiune de elemente radioactive care trec din unele în altele. În toate cele trei cazuri, produsul final al acestor transformări este plumbul, care diferă pentru fiecare familie de plumbul obișnuit prin „greutatea lui atomică", un atom de plumb obișnuit fiind mai greu decît un atom de hidrogen de peste 207 ori; atomul de plumb care încheie familia uraniului de 206 ori, a toriului de 208 ori, a actiniului de 207 ori. De aceea un sort poate fi cu totul deosebit de celălalt.

Transformările menționate sînt însoțite de emiterea de către atomii ce se dezintegrează a așa-numitelor raze alfa. Acestea sînt un flux de particule materiale încărcate: nuclee de heliu, care este un gaz inert ușor. Avînd în momentul eliberării o viteză uriașă, ele își pierd sarcina electrică pozitivă și rămîn în mineral sub formă de heliu obișnuit. Astfel se explică prezența heliului în toate mineralele radioactive.

Dar aprecierea vîrstei mineralelor după conținutul de heliu poate da un rezultat inexact, pentru că heliul are proprietatea de a se evapora, ca orice gaz ușor. S-ar părea că un rezultat mai exact poate fi obținut prin aprecierea vîrstei după cantitatea de plumb acumulată în mineral. La începutul deceniului al cincilea al secolului nostru, geologul englez Holmes, pornind de la aprecierea cantitativă a varietăți-

[1] Pentru aceasta ar fi trebuit o temperatură de zeci de miliarde de grade.

lor de plumb din diferite minerale, a ajuns la concluzia că vîrsta Pămîntului este de 3,5 miliarde de ani.

De fapt însă Holmes nu a determinat vîrsta Pămîntului, ci vîrsta scoarţei lui, bazîndu-se pe teoriile învechite cu privire la formarea Pămîntului dintr-o aglomerare incandescentă de gaze desprinsă din Soare.

În 1951—1952 academicianul A. P. Vinogradov a analizat minuţios toate datele şi a ajuns la concluzia că vîrsta scoarţei pămînteşti nu poate fi determinată numai pe baza datelor despre plumb. Se poate afirma doar că ea nu depăşeşte 5 miliarde de ani. În acelaşi timp au fost găsite minerale a căror vîrstă s-a calculat a fi de 3 miliarde de ani. Bazîndu-se pe datele cu privire la viteza de dezintegrare şi la cantitatea existentă a doi izotopi ai uraniului (cu greutatea atomică de 235 şi 238), vîrsta Pămîntului se apreciază a fi între 5 şi 7 miliarde de ani.

Pornind de la aceste date şi altele, se poate aprecia că vîrsta Pămîntului este de 6 miliarde de ani. Justeţea acestei afirmaţii este confirmată şi prin faptul că acelaşi rezultat se obţine prin metode cu totul diferite.

Şase mii de milioane de ani este o cifră de-a dreptul ameţitoare nu numai în comparaţie cu viaţa unui om, dar şi cu întreaga istorie a omenirii.

PĂSĂRI PE CONDUCTORI ELECTRICI

Ştim cu toţii cît de periculos este ca un om să se atingă de conductorii electrici ai tramvaielor sau ai reţelei de înaltă tensiune cînd aceasta se află sub tensiune. O astfel de atingere este mortală nu numai pentru om, dar şi pentru animalele mari. Se cunosc multe cazuri cînd caii şi vacile sînt ucise de curentul dintr-un conductor rupt. Cum se explică însă faptul că păsările se aşază liniştit şi fără nici un pericol pe aceşti conductori? În oraşe acest tablou este foarte frecvent (fig. 103).

Pentru a înţelege cauza unei asemenea contradicţii, trebuie să ţinem seama de următoarele: trupul păsării aşezate pe fir prezintă un fel de ramificare a circuitului, a cărui rezis-

tenţă este uriaşă în comparaţie cu cealaltă ramură (a sectorului scurt dintre picioarele păsării). De aceea intensitatea curentului din acest braţ (din trupul păsării) este neglijabilă şi nevătămătoare. Dacă însă pasărea ar atinge stîlpul cu

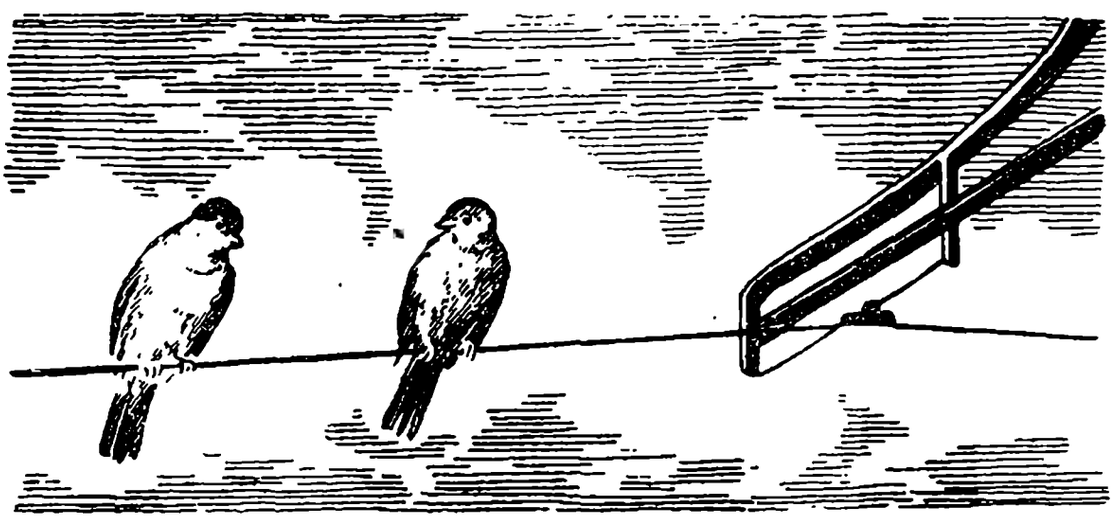


Fig. 103 — Păsările se aşază fără pericol pe conductori electrici. De ce?

aripa, coada sau ciocul, în general dacă ea ar veni într-un fel oarecare în contact cu pămîntul, ea ar fi ucisă instantaneu de curentul care ar trece prin corpul ei în pămînt. Şi acest caz este frecvent[1].

Păsările obişnuiesc ca, fiind aşezate pe consola conductorului de înaltă tensiune, să-şi cureţe ciocul de conductorul purtător de curent.

Deoarece consola nu este izolată de pămînt, contactul păsării legate de pămînt cu conductorul se soldează inevitabil cu pieirea ei. Cît de frecvente sînt asemenea cazuri se vede chiar şi din faptul că, de exemplu în Germania, se luau la timpul respectiv măsuri speciale pentru a feri păsările de pieire. În acest scop, pe consolele liniilor de înaltă tensiune se instalau stinghii izolate, pe care pasărea se găsea în deplină siguranţă chiar dacă folosea conductorul pentru a-şi

[1] Procesele mortale din celulele organismului viu sînt condiţionate în întregime de curentul care trece prin organism. Deoarece organismul are o oarecare rezistenţă electrică, curentul care trece prin organism este determinat de tensiunea în raport cu pămîntul *(n.red.sov.)*.

curăţa ciocul (fig. 104). În alte cazuri se folosesc dispozitive speciale care fac ca locurile periculoase să fie inaccesibile pentru păsări.

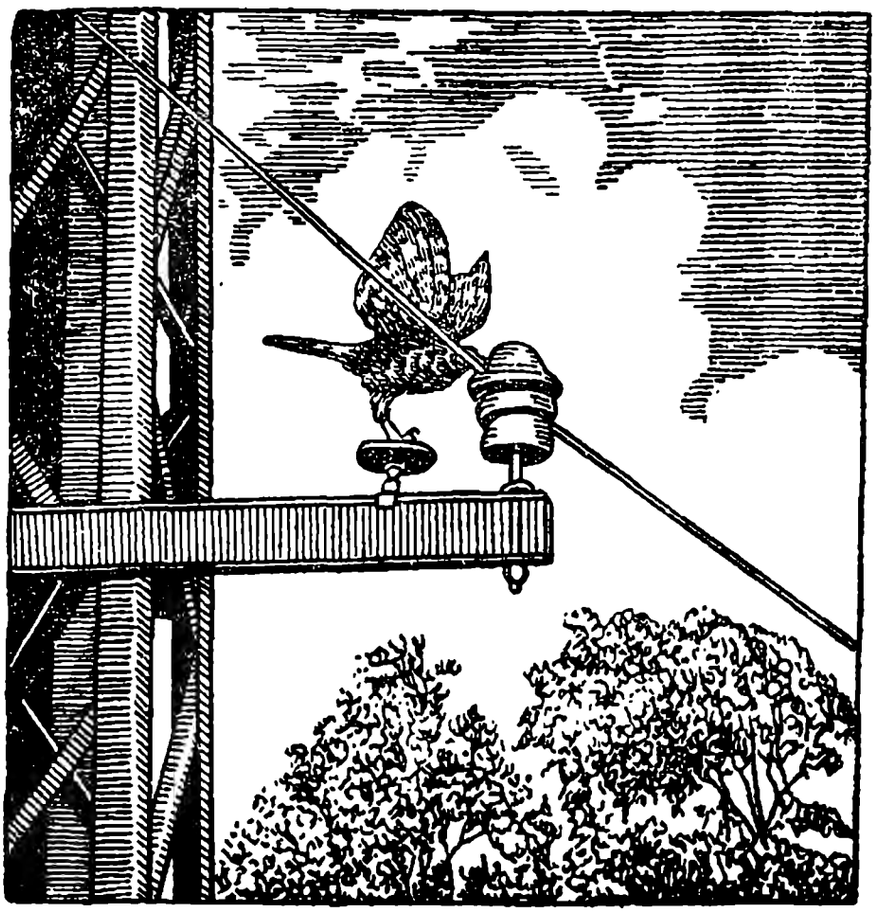


Fig. 104 — Stinghie izolată pentru păsări pe consola liniei de înaltă tensiune.

LA LUMINA FULGERELOR

Vi s-a întîmplat ca în timpul ploilor cu descărcări electrice să urmăriţi imaginea unei străzi mult frecventate luminată de fulgere? Imaginaţi-vă o clipă că o astfel de ploaie va prins pe străzile unui oraş vechi. La lumina fulgerelor veţi observa cu siguranţă următoarea particularitate curioasă: în astfel de clipe, strada atît de plină de mişcare pare încremenită. Caii se opresc în poze încordate, ţinîndu-şi picioarele în aer; trăsurile sînt nemişcate şi ele: se vede clar fiecare spiţă a roţii...

Cauza imobilităţii aparente se explică prin durata foarte scurtă a fulgerului. Fulgerul, ca orice scînteie electrică, du-

rează un interval de timp foarte scurt, atît de scurt, încît nici nu poate fi măsurat cu mijloace obișnuite. Prin metode indirecte s-a reușit să se constate că un fulger durează de la 0,001 pînă la 0,02 secunde[1]. În intervale de timp atît de scurte, lucrurile de pe stradă reușesc să se deplaseze foarte puțin. De aceea nu este de mirare faptul că strada plină de obicei de mișcări atît de variate ne apare cu totul nemișcată în lumina fulgerelor: noi observăm doar ceea ce se petrece într-un interval de timp mai scurt decît o miime de secundă! În acest interval de timp, spițele roții unei trăsuri în plin mers se deplasează doar cu o mică fracțiune de milimetru; pentru ochiul omenesc e ca și cum nici nu s-ar fi deplasat. Impresia este amplificată și prin faptul că senzația vizuală a ochiului durează un timp mult mai îndelungat decît fulgerul însuși.

CÎT COSTĂ UN FULGER?

În acea epocă îndepărtată cînd fulgerele erau atribuite „zeilor", această întrebare ar fi sunat ca un sacrilegiu. Dar în zilele noastre, cînd energia electrică s-a transformat în marfă, care este măsurată și evaluată ca orice altă marfă, întrebarea de mai sus nu mai apare lipsită de sens. Problema constă în calcularea energiei electrice necesare pentru descărcarea respectivă și în a o evalua, fie chiar și la prețul energiei electrice de iluminat.

Iată calculul. Conform celor mai recente date, potențialul descărcării atmosferice este de 50 000 000 de volți. Intensitatea maximă a curentului se evaluează la 200 000 de amperi (menționăm de altfel că ea se stabilește după gradul de magnetizare a unei tije de oțel de curentul care trece prin înfășurarea lui cînd fulgerul lovește în paratrăsnet). Puterea în wați se obține înmulțind numărul volților cu cel al amperilor; trebuie totodată să se țină seama de faptul că, atît timp cît durează descărcarea, potențialul scade la zero;

[1] Fulgerele dintre nori durează mai mult: pînă la 1,5 s. *(n. red. sov.)*.

de aceea la calculul puterii descărcării trebuie să se ia potențialul mediu sau, cu alte cuvinte, jumătate din tensiunea inițială. Avem:

$$\text{puterea descărcării} = \frac{50\,000\,000 \times 200\,000}{2},$$

adică 5 000 000 000 000 de waţi sau 5 miliarde de kilowaţi.

Obţinînd un şir atît de impresionant de zerouri, este firesc să ne aşteptăm ca şi valoarea bănească a fulgerului să se exprime printr-o valoare uriaşă. Pentru a obţine însă energia în kilowaţi-oră (kWh) (aceea care figurează în chitanţele pentru iluminatul electric) este necesar să se ţină seama de timp. Cedarea unei puteri atît de uriaşe durează cam a 1 000-a parte dintr-o secundă. În acest interval de timp se consumă $\frac{5\,000\,000\,000\,000}{3\,600\,000\,000} = 1\,400$ kWh. Un kilowat-oră costă, după tarif, 4 copeici. De aici calculăm cu uşurinţă valoarea bănească a fulgerului.

$$1\,400 \times 4 = 5\,600 \text{ de copeici} = 56 \text{ de ruble.}$$

Rezultatul este neaşteptat: fulgerul, a cărui energie este de o sută de ori mai mare decît energia de tragere a unui tun greu de artilerie ar costa, conform tarifului uzinei electrice, doar 56 de ruble!

Este interesant cît de mult a reuşit electrotehnica modernă să se apropie de posibilitatea de reproducere a fulgerelor. În laborator s-a realizat o tensiune de 3—5 000 000 de volţi şi s-a obţinut o scînteie de 15 m. Atît una, cît şi cealaltă sînt doar de cîteva zeci de ori mai mici decît la fulgerele naturale.

O PLOAIE TORENŢIALĂ ÎN CAMERĂ

Este foarte uşor de realizat în cameră o mică fîntînă dintr-un tub de cauciuc, cu un capăt cufundat într-o căldare cu apă aşezată pe un suport sau îmbrăcat pe robinetul de apă. Celălalt capăt al tubului trebuie să fie foarte îngust,

pentru ca apa să se împartă în şuviţe foarte subţiri. Acest lucru se realizează cel mai simplu folosind la acest capăt o bucăţică de creion din care s-a scos mina. Pentru ca fîntîna să fie mai uşor de manevrat, capătul liber se fixează într-o pîlnie răsturnată, aşa cum se arată în figura 105.

Făcînd această fîntînă să ţîşnească la înălţimea de o jumătate de metru şi dirijînd jetul vertical în sus, apropiaţi de el un bastonaş de ceară roşie sau un pieptene de ebonită, pe care le-aţi frecat cu o bucăţică de postav. Veţi asista la un tablou neaşteptat: şuviţele de apă care cădeau separat în jos se contopesc într-o singură şuviţă, care loveşte cu zgomot fundul farfuriei aşezate în calea ei. Sunetul aminteşte zgomotul caracteristic al ploii torenţiale. În legătură cu aceasta, cunoscutul fizician Boys spune: „Este neîndoielnic faptul că din această cauză picăturile de apă se transformă în timpul ploilor torenţiale în picături atît de mari". Îndepărtaţi bastonaşul de ceară roşie şi fîntîna dumneavoastră se pulverizează din nou, iar zgomotul se atenuează.

În prezenţa unor persoane neiniţiate, puteţi folosi bastonaşul de ceară roşie ca pe un bastonaş „vrăjit".

Explicaţia acţiunii atît de neaşteptate a sarcinii electrice asupra fîntînii se bazează pe aceea că picăturile se electrizează prin influenţă; acea parte a picăturii care este îndreptată spre bastonaş capătă polaritate pozitivă, iar cea opusă una negativă. Astfel, părţile electrizate cu semn contrar se vor afla într-o vecinătate apropiată şi, atrăgîndu-se, fac ca picăturile să se contopească.

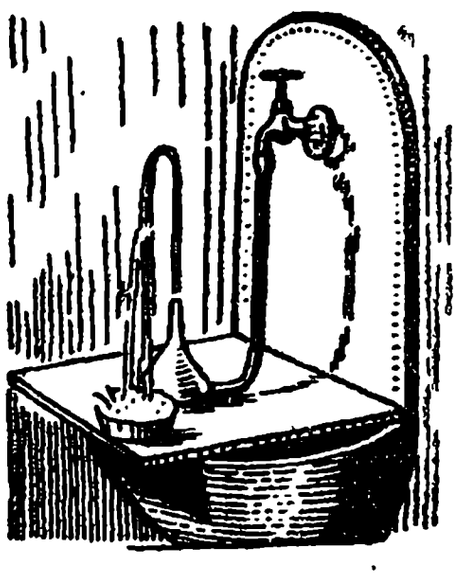


Fig. 105 — Ploaia torenţială în miniatură.

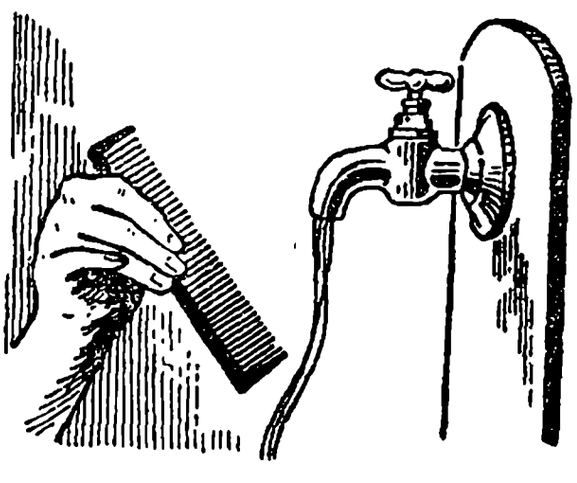
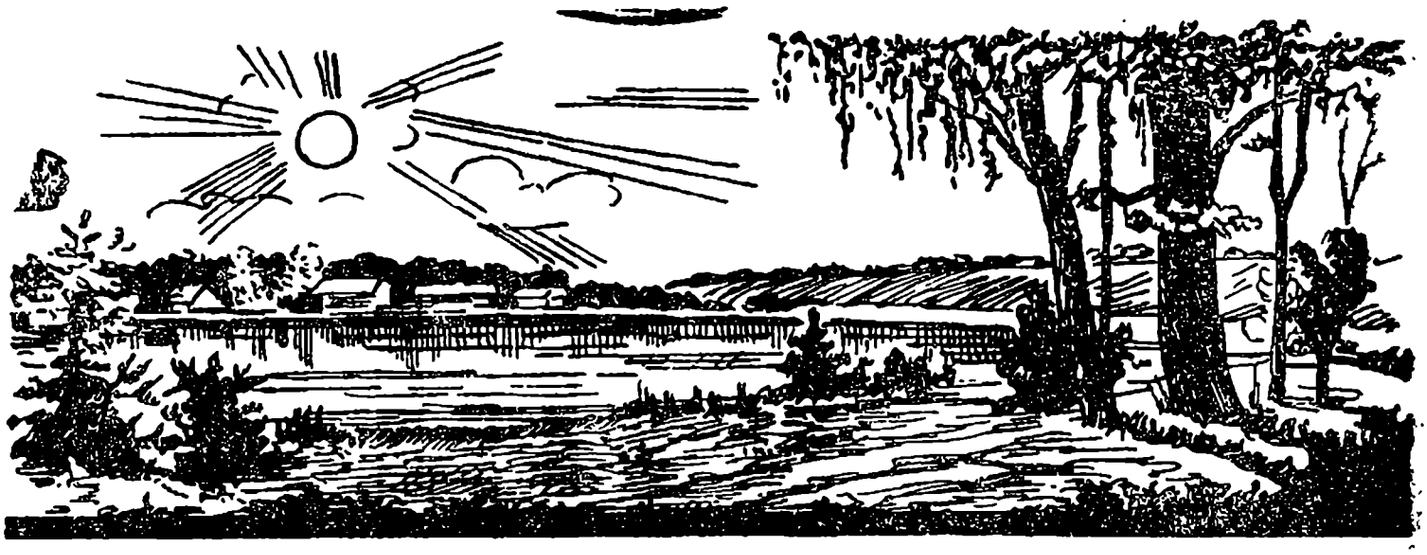


Fig. 106 — Jetul de apă deviază cînd apropiem un pieptene electrizat.

Pentru a constata acțiunea electricității asupra jetului de apă, puteți recurge și la o experiență mai simplă; este suficient să apropiați un pieptene de ebonită, după ce mai întîi l-ați trecut prin păr, de o șuviță îngustă de apă care curge din robinet: șuvița devine compactă și deviază vizibil spre pieptene (fig. 106). Explicația acestui fenomen este mai complexă decît cea a fenomenului descris mai sus; ea este legată de variația tensiunii superficiale sub acțiunea sarcinii electrice.

Menționăm, printre altele, că prin ușurința cu care se formează sarcina electrică prin frecare se explică și electrizarea curelelor de transmisie ce se freacă de roata de transmisie. Scînteile electrice care se produc prezintă pericol de incendiu în unele ramuri de producție. Pentru a evita acest pericol, curelele de transmisie se argintează: stratul subțire de argint face ca cureaua să devină bună conducătoare de electricitate și astfel acumularea de sarcină devine imposibilă.



Capitolul 9

REFLEXIA ȘI REFRACȚIA LUMINII. VEDEREA

O FOTOGRAFIE ÎN CINCI POZIȚII

Una dintre curiozitățile artei fotografice sînt fotografiile în care imaginea respectivă este reprezentată în cinci poziții.

În figura 107, care reprezintă o astfel de fotografie, pot fi văzute aceste cinci poziții. Astfel de fotografii prezintă față de cele obișnuite avantajul că permit observarea mai completă a particularităților caracteristice ale originalului: se știe cîtă osteneală își dau fotografii pentru a găsi poziția cea mai favorabilă pentru fotografie. Aici însă persoana respectivă este fotografiată dintr-o dată în cinci poziții, din care poate fi cu ușurință aleasă cea mai caracteristică.

Cum se obțin astfel de fotografii? Desigur cu ajutorul unor oglinzi (fig. 108). Cel fotografiat se așază cu spatele spre aparatul *A* și cu fața spre două oglinzi plane verticale *C*, care formează între ele un unghi de 72°. O astfel de pereche de oglinzi trebuie să dea patru imagini, plasate în poziții diferite față de aparat. Aceste imagini, plus obiectul din natură sînt fotografiate fără ca oglinzile (care nu au rame) să apară în fotografie. Pentru ca aparatul fotografic să nu

se reflecte în oglindă, el este mascat de două ecrane (*BB*) cu o fantă îngustă pentru obiectiv.

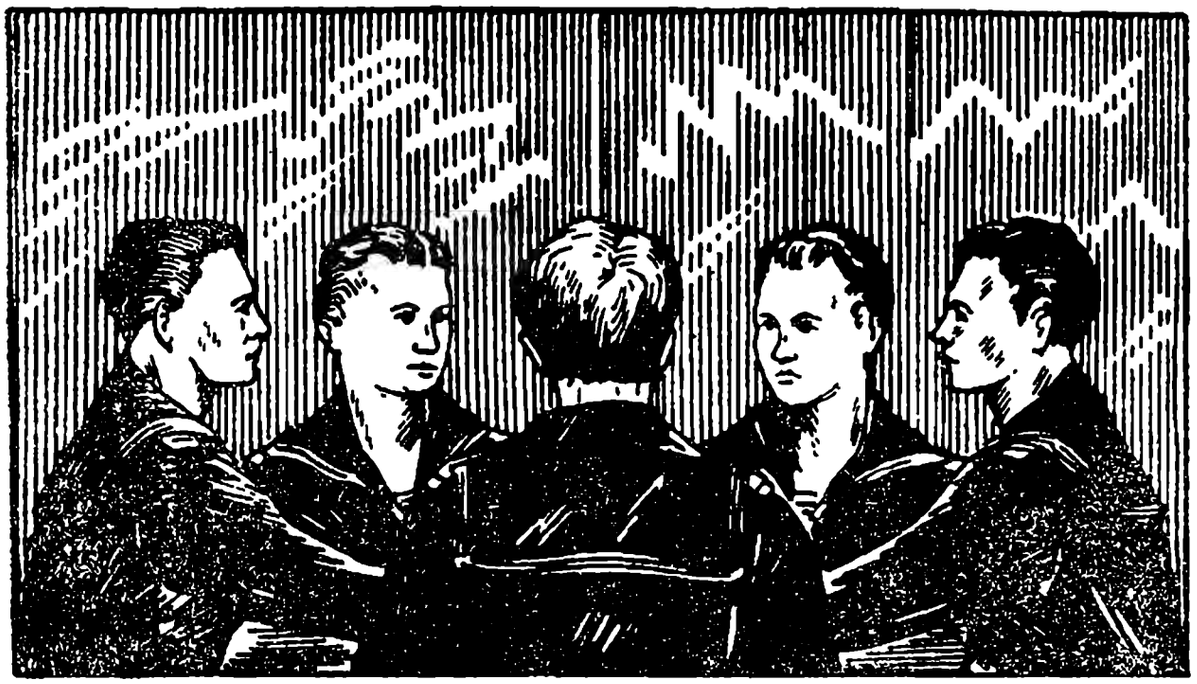


Fig. 107 — Fotografie care reprezintă aceeaşi persoană în cinci poziţii.

Numărul imaginilor depinde de unghiul dintre oglinzi: cu cît este el mai mic, cu atît este mai mare numărul imaginilor obţinute. Pentru unghiul de $\frac{360°}{4} = 90°$ s-ar obţine

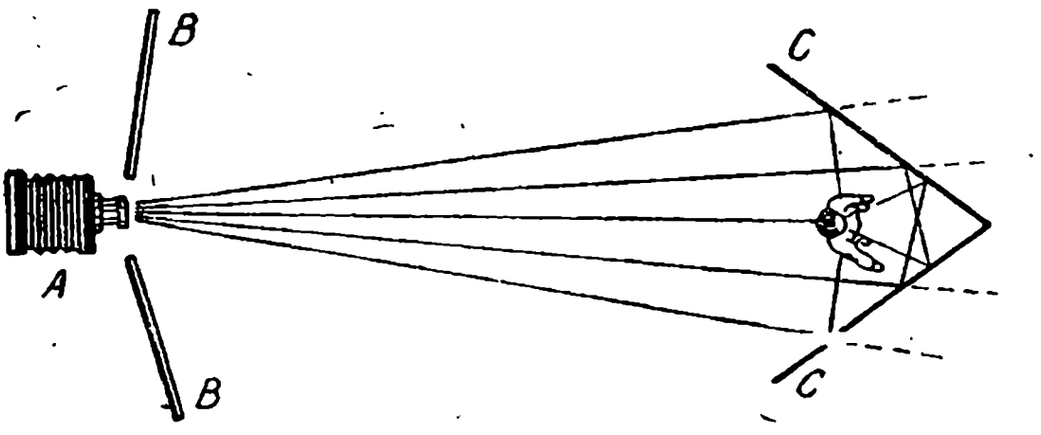


Fig. 108 — Metoda de obţinere a unor fotografii cu cinci imagini în poziţii diferite. Cel fotografiat se aşază între oglinzile *CC*.

patru imagini, pentru unghiul de $\frac{360°}{6} = 60°$ şase imagini, pentru unghiul de $\frac{360°}{8} = 45°$ opt imagini ş.a.m.d. Dar atunci cînd numărul imaginilor este mare, ele sînt slabe şi neclare; de aceea se recurge de obicei la fotografia cu cinci imagini.

Este foarte ispititoare ideea de a folosi energia razelor solare pentru încălzirea cazanului de motor. Să facem un calcul simplu. Energia trimisă în fiecare minut de Soare pe fiecare centimetru pătrat al părţii exterioare a atmosferei noastre aşezat sub un unghi drept faţă de razele solare a fost

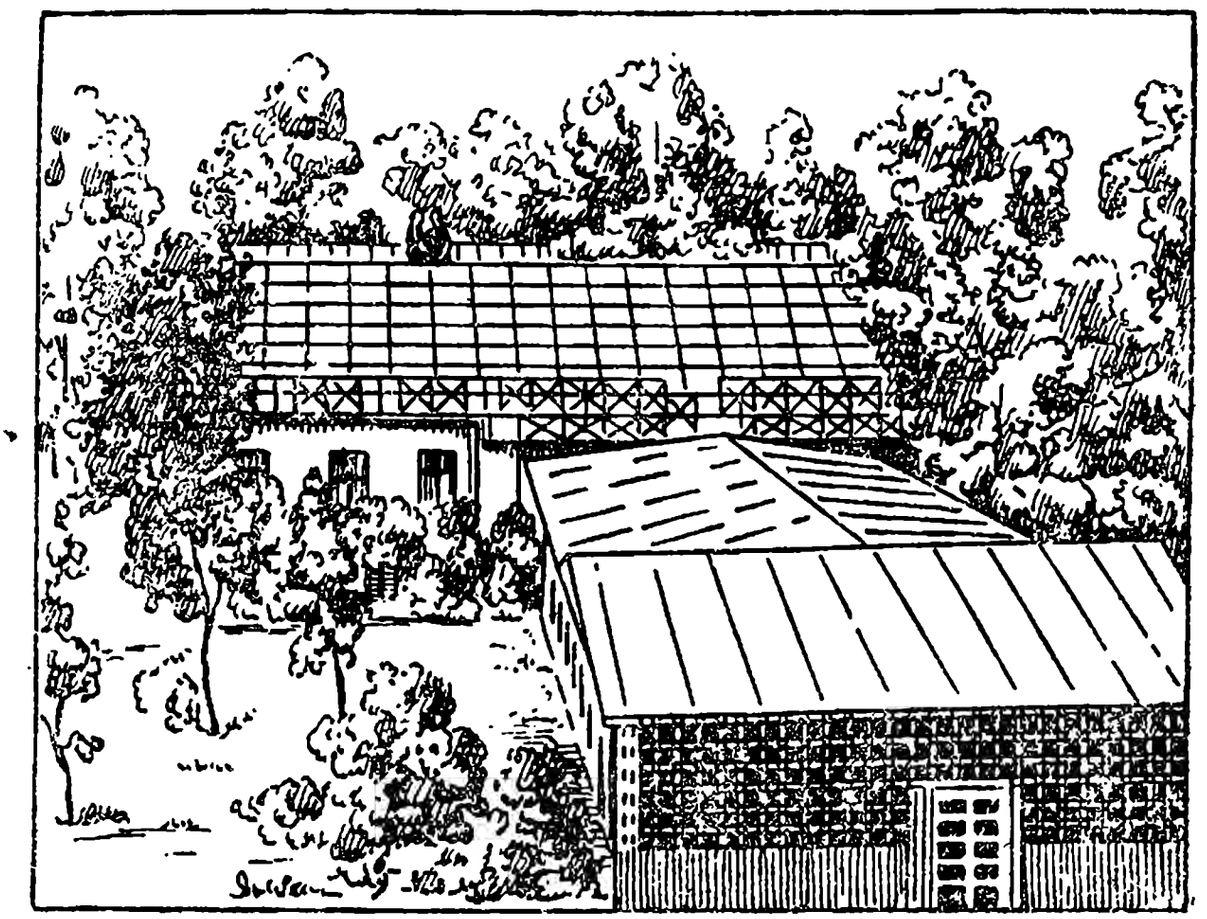


Fig. 109 — Instalaţie solară de încălzire a apei în R. S. S. Turkmenă.

calculată cu multă exactitate. Pare-se este o cantitate constantă: de aceea ea a şi fost denumită „constanta solară". Mărimea constantei solare este egală (rotunjit) cu 2 calorii pe 1 cm^2 pe minut. Această raţie de căldură trimisă regulat de Soare nu ajunge în întregime la suprafaţa Pământului: aproximativ o jumătate de calorie este absorbită în atmosferă. Se poate considera că un centimetru pătrat de suprafaţă terestră pe care razele solare cad perpendicular capătă în fiecare minut aproximativ 1,4 calorii. Trecîndu-se la metri pătraţi, aceasta formează 14 000 de calorii mici sau 14 calorii mari pe minut, iar pe secundă aproximativ 1/4 calorii mari.

Deoarece o calorie mare, transformîndu-se complet în lucru mecanic dă 427 kgm, razele solare care cad perpendicular pe 1 m² de sol ar putea da peste 100 kgm de energie pe secundă, adică peste $1\frac{1}{2}$ cai-putere.

O cantitate de lucru egală ar fi putut fi dată de energia razelor solare în condiţii optime: la incidenţa perpendiculară

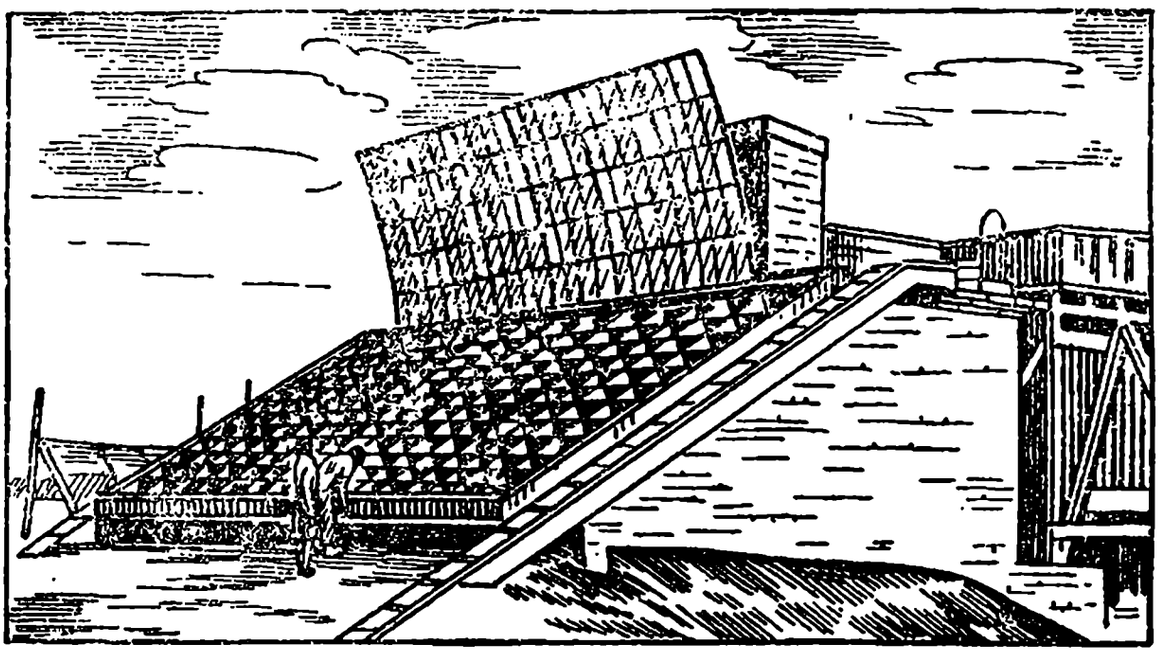


Fig. 110 — Depozit frigorifer solar în R.S.S. Turkmenă.

a razelor şi la transformarea 100 % în lucru mecanic. Dar experienţele de pînă acum, efectuate în direcţia folosirii nemijlocite a Soarelui ca forţă motoare, sînt depărtate de aceste condiţii ideale. Randamentul nu a depăşit 5—6%. Din toate instalaţiile de acest gen, randamentul cel mai mare este dat de motorul solar al prof. Abbot: 15%.

Energia razelor solare poate fi folosită cu mai multă eficacitate pentru încălzire decît pentru obţinerea de lucru mecanic. Acestei probleme i se acordă mare atenţie în U.R.S.S. Există un Helioinstitut unional special (la Samarkand), care desfăşoară o activitate intensă de cercetare în această direcţie. La Taşkent funcţionează o baie publică solară cu o capacitate de 70 de persoane pe zi. Tot la Taşkent s-a amenajat o helioinstalaţie pe acoperişul uneia dintre clădiri. S-au instalat aici 20 de cazane solare care satisfac nevoile de apă caldă ale întregii case. Heliotehnicienii afirmă că Soarele va încălzi neîntrerupt aceste cazane timp de 7—8 luni

pe an. Celelalte 4—5 luni apa din cazane se va încălzi numai în zilele senine. Randamentul mediu al acestei instalaţii de încălzire este destul de mare: 47% (cel maxim atinge 60%).

În Turkmenia a fost experimentat un frigorifer solar. Temperatura ţevilor de răcire din camerele frigoriferului era de 2—3°C sub zero cînd temperatura aerului înconjurător era de + 42°C la umbră. Acesta este primul exemplu de instalaţie de răcire solară.

Rezultate excelente au dat experienţele de topire solară a sulfului (temperatura de topire 120°C). Mai menţionăm dispozitivele solare folosite pentru obţinerea apei de băut pe ţărmurile Mării Caspice şi Mării Aral, elevatoarele de apă care le înlocuiesc pe cele primitive din Asia Mijlocie, uscătoriile solare pentru fructe şi peşte, bucătăria în care toate felurile de mîncare sînt preparate cu ajutorul „razelor solare" etc. Toate acestea încă nu epuizează în întregime posibilităţile de utilizare multiplă a razelor solare captate artificial şi care vor avea un rol de seamă în economia regiunilor din Asia Mijlocie, Caucaz, Crimeea, cursul inferior al Volgăi şi sudul Ucrainei.

VISURILE DESPRE CĂCIULA FERMECATĂ

Din vechime ne-a rămas legenda despre căciula fermecată care-l face invizibil pe oricine şi-o pune în cap. Puşkin, care a reînviat în *Ruslan şi Ludmila* legendele vremurilor de mult apuse, a lăsat descrierea clasică a proprietăţilor unei astfel de căciuli:

„Atuncea i-a trecut prin gînd
În aurita-i reverie
Să-ncerce-a vraciului scufie ...
Ludmila-şi pune la iuţeală
Pe ceafă scufa, pe sprîncene,
Cînd drept pe faţă, cînd pe dos,
Cu sucăleli şi potriveală,
Să vadă cum stă mai frumos.

Dar iată ce minunăţie:
S-a şters Ludmila din oglinde! ...
Iar duce mîna la tichie
Şi iat-o ca mai-înainte.
Cum o sucește, iarăși piere,
O scoate, iar se oglindește.
„Ei! Aşa zic şi eu plăcere:
Necazul nu mă mai pîndeşte...[1]“

Posibilitatea de a deveni invizibilă era singura armă de apărare a sărmanei Ludmila. Sub protecţia sigură a invizibilităţii sale, ea scapă de ochiul ager al paznicilor ei. Numai acţiunile captivei invizibile marcau prezenţa ei:

„Puteai ghici la orice pas
Că urma ei tot a rămas:
Ici, aurite fructe rare
Piereau din creanga foşnitoare;
Dincoace, stropii de izvor
Căzdeau pe-al ierbii crud covor;
Atunci toţi ştiau că ea
Mănîncă ici, dincoace bea ...
Cînd noaptea prinde să-şi resfire
Albastre ceţuri, spre cascadă
Ludmila vine şi se scaldă:
Văzuse chiar şi Cernomor
Stropind o nevăzută mînă
Din unda recelui izvor,
Sau clipocind în vreo fîntînă“[2].

Multe dintre visurile cele mai cutezătoare ale vremurilor de demult au fost deja realizate, multe dintre vrăjile de poveste au devenit apanaje ale ştiinţei. Se sfredelesc munţii, sînt captate fulgerele, au intrat în viaţa noastră de toate zilele covoarele zburătoare ... Nu se poate inventa oare şi căciula care să ne facă invizibili? Ne vom ocupa mai jos de această problemă.

---

[1] A. S. PUŞKIN, *Poeme*, Bucureşti, Cartea rusă, 1957, p. 52—53.
[2] *Ibidem*, p. 74—75.

OMUL INVIZIBIL

În romanul *Omul invizibil*, scriitorul englez Wells a căutat să-şi convingă cititorii că posibilitatea de a deveni invizibil este pe deplin realizabilă. Eroul lui (autorul romanului ni-l prezintă ca pe fizicianul cel mai genial din lume) a descoperit posibilitatea de a face ca corpul uman să devină invizibil. Iată cum îi dezvăluie el unui medic, pe care-l cunoaşte, bazele descoperirii sale.

„... Însuşirea de a fi invizibil depinde de acţiunea pe care o exercită corpurile vizibile asupra luminii. Dă-mi voie să încep de la lucrurile elementare, aşa ca şi cum nu le-ai cunoaşte. Asta o să-mi ajute să-ţi explic mai limpede. Ştii prea bine că un corp ori absoarbe lumina, ori o reflectă, ori o refractă, ori are, în sfîrşit, toate aceste trei proprietăţi. Dacă nici nu reflectă, nici nu refractă şi nici nu absoarbe lumina, corpul nu este vizibil. Un obiect oarecare, să zicem o cutie, îţi apare opac şi de culoare roşie, deoarece colorantul roşu absoarbe o porţiune din radiaţia luminoasă şi reflectă restul, adică tocmai componenta roşie a spectrului luminos pe care o percepe ochiul dumitale. Dacă nu absoarbe o anumită fracţiune din spectru, ci reflectă lumina în întregime, atunci cutia va fi albă, strălucitoare, aşa cum e argintul de exemplu. Dar o cutie confecţionată din diamant? Ai să vezi că suprafaţa ei totală n-are să-ţi absoarbă prea mult lumina şi nici n-are s-o reflecte decît foarte slab; numai ici-colo, unde feţele au o poziţie favorabilă, lumina va fi mai intens reflectată şi refractată, dînd impresia aceea de scînteiere şi totodată de translucidităte. Ca un fel de reţea de lumină... Acuma să vedem ce se întîmplă cu o cutie din sticlă. Asta nu mai e atît de strălucitoare şi nici atît de vizibilă ca una de diamant, pentru că de astă dată reflexia şi refracţia vor fi mai reduse. Îţi dai seama? Ba chiar, practic vorbind, poţi vedea printr-însa foarte clar. Dar unele sorturi de sticlă sînt mai uşor vizibile decît altele; o cutie de cristal, de pildă, va fi mai bine vizibilă decît una făcută din sticlă ordinară, de geamuri, nu-i aşa? Bun. Să mergem mai departe. O cutie din sticlă ordinară, foarte subţire, va fi greu de văzut într-o lumină slabă, pentru că va absorbi, refracta şi reflecta o cantitate foarte mică de lumină. Şi dacă

ai să bagi în apă sau, mai bine, într-un lichid mai dens decît apa o bucată de sticlă incoloră, obișnuită, ea o să devină aproape invizibilă. De ce? Fiindcă lumina, trecînd din apă în sticlă, nu e decît foarte slab reflectată și refractată ... pe scurt, nu suferă aproape nici o modificare. Astfel, sticla introdusă în apă va fi tot atît de invizibilă cum ar fi gazul de cărbuni sau hidrogenul răspîndit în aer. Și asta din cauze identice.

— Da ... șopti Kemp, tot ce-ai spus pînă acuma-i foarte clar. Astăzi orice elev de școală cunoaște toate chestiunile acestea.

— Și acum, Kemp, mai vine un fapt pe care o să-l cunoască în viitor orice elev de școală. Dacă spargi o bucată de sticlă, dragul meu, și o pisezi pînă o faci pulbere, ea devine mult mai ușor vizibilă în aer decît era bucata întreagă; sticla incoloră și transparentă s-a prefăcut într-un corp alb, opac. De ce? Din pricină că pulverizarea ei a multiplicat enorm suprafețele refringente. Bucata întreagă avea numai două suprafețe, pe cînd pulberea ... Fiecare fărîmă a căpătat însușirea de a reflecta și refracta raza de lumină care o atinge ... Pricepi acum de ce lumina nu va izbuti să treacă aproape de loc prin pulberea de sticlă?

Dar dacă torni în apă praful ăsta alb, știi ce se întîmplă cu el? Dispare cu totul! Sticla pisată și apa au un indice de refracție aproape egal; adică lumina, trecînd dintr-una în cealaltă, suferă o reflexie și o refracție extrem de mici.

Reușești să transformi sticla într-un corp invizibil dacă o vîri într-un lichid al cărui indice de refracție este identic cu al ei. Și, ca să generalizăm, un obiect transparent devine invizibil într-un mediu oarecare dacă indicele său de refracție este egal cu al mediului. Și, dacă stai să te gîndești o secundă, ai să-ți dai seama că sticla pisată poate deveni nevăzută chiar în aer dacă indicele ei de refracție poate fi modificat astfel ca să-l egaleze pe al aerului. Căci, atunci, lumina, trecînd din aer în sticlă, nu va mai suferi nici o refracție și nici o reflexie[1].

---

[1] Putem realiza invizibilitatea completă a unui obiect absolut transparent dacă-l înconjurăm cu pereți care disipează strict uniform lumina. Ochiul, care privește în interior printr-o mică deschizătură laterală, va recepționa din toate punctele obiectului exact atîta lumină ca și cum

— Da, da ... făcu Kemp. Dar omul nu-i sticlă pisată ...
— Nu! omul e mult mai transparent.
— Ha! Asta-i o absurditate!

— Şi asta o spune un doctor. Vai, cum uită omul toate cele! În zece ani ai uitat toată fizica pe care ai învăţat-o? Ia gîndeşte-te puţin la obiectele fără număr care de fapt sînt transparente, dar nu par astfel. Hîrtia, de pildă, este făcută din fibre transparente, aşa-i? De ce atunci e albă şi opacă? Numai din aceeaşi pricină pentru care şi pulberea de sticlă e albă şi opacă. Unge cu ulei o hîrtie albă, adică umple cu ulei spaţiile dintre fibre, aşa încît doar cele două suprafeţe să rămînă refringente, şi hîrtia va deveni transparentă ca sticla! Şi nu numai hîrtia, dar şi fibrele de bumbac, de in, de lînă, de lemn, ba chiar şi o a s e l e, Kemp, c a r n e a,

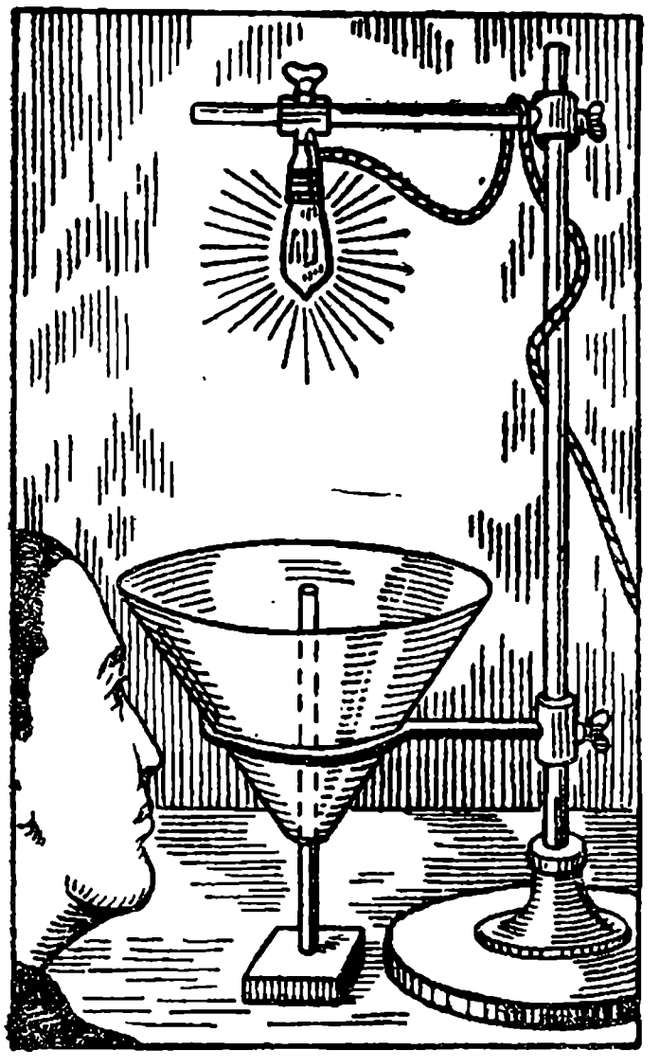


Fig. 111 — Bastonaşul de sticlă invizibil.

---

obiectul nu ar exista de loc: nici un fel de lumini sau umbre nu-i pot indica prezenţa.

Iată cum poate fi realizată o astfel de experienţă. O pîlnie cu diametru de o jumătate de metru se aşază, aşa cum se arată în figura 111, la o oarecare distanţă de un bec electric cu 25 de lumini. În partea de jos se introduce un bastonaş de sticlă, pe cît posibil de vertical. Devierea cea mai mică de la poziţia verticală face ca bastonaşul să pară întunecat de-a lungul axei şi luminos pe margini sau, dimpotrivă, luminos de-a lungul axei şi întunecat pe margini. Ambele imagini trec dintr-una în alta la cea mai uşoară schimbare a poziţiei bastonaşului. După o serie de probe se poate obţine luminarea uniformă a bastonaşului şi atunci el d i s p a r e c o m p l e t pentru ochiul care priveşte printr-o fantă laterală (cu lăţimea de cel mult 1 cm). În aceste împrejurări se obţine invizibilitatea completă a obiectului de sticlă, cu toate că capacitatea de refracţie diferă mult de capacitatea de refracţie a aerului. O altă metodă cu ajutorul căreia se poate face invizibilă, de exemplu, o bucăţică de sticlă şlefuită, este de a o aşeza într-o cutie acoperită în interior cu vopsea luminescentă.

p ă r u l, Kemp, u n g h i i l e!... Întreaga mașină umană este de fapt alcătuită din țesuturi transparente, incolore, cu excepția hemoglobinei și a pigmentului din păr. Uite ce puțin ne trebuie ca să ne putem vedea unii pe alții! În cea mai mare parte a lor, fibrele din care e constituită o ființă vie nu sînt, la drept vorbind, mai opace decît apa"[1].

Drept confirmare a acestor considerații poate servi faptul că animalele albinos (ale căror corpuri nu conțin substanțe colorante), neacoperite cu blană, se caracterizează în mare parte prin transparență. Un zoolog care a găsit în vara anului 1934, la Detskoe Selo, o broască albinos o descrie astfel: „Țesuturile subțiri ale tegumentului și mușchilor sînt transparente: se întrezăresc organele interioare, scheletul... La această broască se vede foarte bine cum funcționează inima și intestinele".

Eroul romanului lui Wells a inventat metoda de a face transparente țesuturile organismului omenesc și chiar și substanțele lor colorante (pigmenții). El a aplicat descoperirea cu succes la propriul său corp. Experiența a reușit pe deplin: inventatorul a devenit cu totul invizibil. Vom afla îndată despre soarta acestui om invizibil.

PUTEREA INVIZIBILULUI

Autorul romanului *Omul invizibil* demonstrează cu o abilitate și consecvență neobișnuită că devenind transparent și invizibil, omul capătă o putere aproape nelimitată. El poate pătrunde pe nesimțite în orice încăpere și fura orice; fiind insesizabil datorită invizibilității sale, el luptă cu succes împotriva unei gloate întregi de oameni înarmați. Amenințîndu-i pe oamenii vizibili cu o grea pedeapsă, omul invizibil a supus populația întregului oraș. Insesizabil și inviolabil, el are posibilitatea de a face rău celorlalți oameni; oricît ar încerca ei să se apere, dușmanul invizibil îi ajunge și-i lovește mai curînd sau mai tîrziu. Această poziție pe care

[1] HERBERT GEORGE WELLS, *Omul invizibil, Primii oameni în Lună*, București, E.P.L., 1966, p. 113—116.

o ocupă între ceilalţi oameni îi dă posibilitatea eroului din roman să emită către populaţia oraşului său ordine de genul celor de mai jos:

„Prin prezenta anunţ prima zi de teroare. Spune colonelului tău de poliţie şi celorlalţi că Port Burdock nu mai stă sub jurisdicţia reginei, ci intră sub stăpînirea mea, a teroarei! Aceasta este ziua cea dintîi din anul întîi al unei epoci, Epoca Omului Invizibil. Eu sînt omul invizibil întîi! ... Pentru început, legislaţia va fi cît se poate de blîndă. În prima zi va avea loc numai o singură execuţie, cu titlu de exemplu: execuţia numitului doctor Kemp. Astăzi moartea se îndreaptă spre el. Poate să se încuie, să se ascundă, să-şi pună strajă, să se îmbrace în armură dacă-i place. Moartea, moartea nevăzută se îndreaptă spre el. N-are decît să-şi ia toate măsurile; asta are să-i impresioneze cu atît mai mult pe supuşii mei. Moartea va purcede la ora prînzului din cutia poştală. Scrisoarea va cădea în cutie chiar în clipa sosirii postaşului şi apoi va pleca mai departe! Jocul începe — — moartea porneşte. Nu-i da ajutor popor al meu, căci altfel moartea va cădea şi asupră-ţi“[1].

Şi, la început, omul invizibil triumfă. Populaţia îngrozită reuşeşte doar cu mare greutate să-şi înfrîngă duşmanul invizibil care visa să-i devină stăpîn.

PREPARATE TRANSPARENTE

Sînt juste oare raţionamentele fizice care stau la baza acestui roman fantastic? Incontestabil. Orice obiect transparent în mediu transparent devine invizibil încă atunci cînd diferenţa dintre indicii de refracţie este sub 0,05. După zece ani de la apariţia *Omului invizibil*, anatomul german prof. Spalteholz a realizat în practică ideea lui, ce e drept nu pentru organismele vii, ci pentru preparate moarte. Aceste preparate ale părţilor corpului, chiar şi ale unor animale întregi, pot fi văzute acum în multe muzee.

Metoda de realizare a preparatelor transparente, elaborată (în 1911) de prof. Spalteholz, constă pe scurt în aceea că

[1] *Ibidem*, p. 175.

după o anumită prelucrare — albire și spălare — preparatul este impregnat cu eter metilic de acid salicilic (acesta este un lichid incolor cu un coeficient de refracție mare). Preparatul de șoarece, pește, diferite părți ale corpului omenesc etc. este așezat într-un vas umplut cu același lichid.

În aceste experiențe nu se caută să se obțină transparența totală a preparatelor, pentru că în acest caz ele ar deveni cu totul invizibile și, prin urmare, nefolositoare pentru anatomie.

Desigur că de aici mai este departe pînă la utopia lui Wells despre omul v i u, atît de transparent încît să fie cu totul invizibil. Este departe pentru că mai trebuie găsită, în primul rînd, metoda de a impregna cu lichid de transparență țesuturile organismului v i u fără a-i tulbura funcțiunile. În al doilea rînd, preparatele prof. Spalteholz sînt doar transparente, dar nu și invizibile; țesuturile acestor preparate pot fi invizibile doar atît timp cît sînt cufundate într-un vas cu un lichid cu indice de refracție corespunzător. În aer ele vor fi invizibile numai cînd indicele lor de refracție va fi egal cu indicele de refracție a a e r u l u i, dar nu știm încă cum se poate realiza acest lucru.

Admitem însă că vom reuși cu timpul să realizăm și una și alta și, prin urmare, să înfăptuim visul romancierului englez.

În roman, autorul a prevăzut și a judecat totul atît de amănunțit, încît fără să vrei te lași convins de realitatea evenimentelor descrise. Ți se pare că într-adevăr omul invizibil trebuie să fie cel mai puternic dintre muritori.

Dar nu este așa.

Există o mică eroare a autorului *Omului Invizibil*. Problema este dacă

INVIZIBILUL POATE SĂ VADĂ?

Dacă Wells și-ar fi pus această întrebare înainte de a scrie romanul, uimitoarea istorie a *Invizibilului* n-ar fi fost scrisă niciodată ...

Într-adevăr, în acest punct se spulberă iluzia puterii omului invizibil. Invizibilul trebuie să fie orb!

De ce este invizibil eroul romanului? Pentru că toate părţile corpului lui, inclusiv ochii au devenit transparenţi şi indicele lor de refracţie este egal cu indicele de refracţie al aerului.

Să ne amintim care este rolul ochiului: cristalinul lui, umoarea vitroasă şi celelalte părţi refractă razele de lumină, astfel încît pe retină se formează imaginea obiectelor exterioare. Dar dacă indicele de refracţie al ochiului este egal cu cel al aerului, este înlăturată singura cauză a refracţiei: trecînd dintr-un mediu într-altul cu acelaşi indice de refracţie, razele nu-şi schimbă direcţia şi de aceea nu pot converge într-un punct. Razele vor trece prin ochiul omului invizibil fără nici un obstacol, nu vor suferi nici o refracţie şi nu se vor opri în el, datorită lipsei pigmentului[1] şi, prin urmare, ele nu pot produce nici o imagine în conştiinţa lui.

Deci omul invizibil nu poate vedea nimic. Aşadar, avantajele pe care le-a căpătat sînt nefolositoare. Teribilul pretendent la putere ar fi umblat pe bîjbîite, cerşind ajutorul pe care nimeni nu i l-ar fi putut acorda, solicitantul fiind invizibil. În locul celui mai puternic muritor am fi avut în faţa noastră doar un infirm jalnic, condamnat la o existenţă mizerabilă...

Astfel, în căutarea căciulii care te face invizibil este inutil să se pornească pe calea indicată de Wells. Chiar dacă căutările sînt încununate de succes, această cale nu poate duce la ţintă.

---

[1] Pentru a putea produce o senzaţie oarecare la un animal, razele de lumină trebuie să producă în ochiul lui unele modificări, fie chiar şi neînsemnate, adică să efectueze un anumit lucru. De aceea razele trebuie să fie oprite măcar în parte de ochi. Însă un ochi absolut transparent nu ar putea s-o facă: în caz contrar, el nu ar fi transparent. La toate animalele care se apără prin transparenţa lor, ochii, bineînţeles dacă-i au, nu sînt transparenţi. Cunoscutul oceanograf Murray scrie că sub suprafaţa mării majoritatea animalelor sînt transparente şi incolore; cînd sînt scoase cu plasa, ele se disting numai prin ochişorii lor negri, pentru că sîngele lor este lipsit de hemoglobină şi complet transparent.

Există însă o altă cale de rezolvare a „invizibilității". Ea constă în colorarea corespunzătoare a obiectelor, care le face invizibile pentru ochi. Natura recurge mereu la aceasta: prevăzîndu-și creațiile cu un colorit „de protecție", ea recurge pe scară largă la această metodă simplă pentru a-și apăra creațiile de dușmani sau pentru a le ușura lupta grea pentru existență.

Ceea ce militarii numesc „culoare kaki", zoologii numesc încă de pe vremea lui Darwin colorit de protecție. În lumea animalelor, astfel de exemple se numără cu miile; le întîlnim la fiecare pas. Animalele care locuiesc în deșert au, în majoritatea lor, culoarea gălbuie caracteristică, „culoarea deșertului"; toți reprezentanții faunei din pustiu au această culoare: leul, păsările, șopîrlele, păianjenii, viermii. Dimpotrivă, animalele care populează întinderile de zăpadă ale Nordului — atît ursul polar atît de periculos, cît și inofensivul cufundar — sînt dotate de natură cu o culoare albă, care le face invizibile pe fondul zăpezii. Fluturii și omizile care trăiesc pe scoarța copacului au un colorit corespunzător, care reproduce cu o exactitate uimitoare culoarea scoarței copacului (*Ocneria monacha* ș.a.).

Orice colecționar de insecte știe cît de greu găsibile sînt ele din cauza „culorii de protecție" cu care le-a dotat natura.

Încercați să prindeți greierașul verde care cîntă chiar la picioarele dumneavoastră și veți constata că nu-l puteți distinge de fondul verde al ierbii, care-l maschează perfect.

Același lucru se poate spune și despre locuitorii apelor. Animalele marine care-și petrec viața printre algele brune au toate o culoare „de protecție" brună care le face imperceptibile pentru ochi. În zona algelor roșii, „culoarea de protecție" predominantă este cea roșie. Culoarea argintie a solzilor de pește este și ea o „culoare de protecție". Ea-i ferește pe pești atît de răpitoarele cu pene, care-i pîndesc din aer, cît și de cele acvatice, care-i amenință de jos. Suprafața apei are un luciu de oglindă nu numai cînd este privită de sus, dar, mai mult chiar, cînd e privită de jos, din adîncimea apei („reflexie totală") și solzii argintii ai peștilor se contopesc cu acest fond cu luciu metalic. Iar meduzele și ceilalți

locuitori transparenţi ai apelor — viermii, crustaceele, moluştele — şi-au ales drept „culoare de protecţie“ transparenţa lor incoloră, care-i face invizibili în stihia înconjurătoare incoloră şi transparentă.

Din acest punct de vedere, „performanţele“ naturii depăşesc cu mult spiritul inventiv al omului. Multe animale au proprietatea de a-şi schimba „coloritul de protecţie“ în conformitate cu mediul înconjurător. Hermina alb-argintie, invizibilă pe zăpadă, şi-ar fi pierdut toate avantajele coloritului dacă, o dată cu topirea zăpezii, nu şi-ar fi schimbat şi culoarea blănii; în fiecare primăvară, micul animal alb capătă o hăinuţă nouă roşcată, care se contopeşte cu fondul solului eliberat de zăpadă, iar o dată cu venirea iernii albeşte din nou, reluîndu-şi cocheta îmbrăcăminte albă de iarnă.

CULOAREA DE PROTECŢIE

Oamenii au preluat de la natura inventivă această artă utilă de a-şi face corpul invizibil, de a se contopi cu fondul înconjurător. Culorile pestriţe ale uniformelor strălucite din vremurile trecute, care făceau atît de pitoreşti tablourile de bătălie, au rămas de mult în urmă: ele au fost înlocuite de binecunoscuta uniformă kaki. Culoarea cenuşie, de oţel, a navelor militare moderne este şi ea o culoare de protecţie, care face ca navele să se distingă cît mai puţin de fondul mării.

Tot din această categorie face parte şi aşa-numitul „camuflaj tactic“: camuflajul militar al diferitelor obiecte — fortificaţii, tunuri, tancuri, nave — ceaţă artificială şi alte măsuri asemănătoare de inducere în eroare a inamicului. Tabăra este camuflată cu reţele speciale în ale căror ochiuri se împletesc smocuri de iarbă; ostaşii îşi pun halate de camuflaj de culoarea ierbii ş.a.m.d.

Culoarea de camuflaj se foloseşte pe scară largă şi în aviaţia militară modernă.

Avioanele colorate în maron, verde-închis și violet (corespunzătoare coloritului suprafeței Pămîntului) se disting cu greu de fondul acestuia dacă sînt urmărite de sus dintr-un avion.

Camuflajul suprafețelor inferioare ale avionului, pentru a-l face invizibil pentru observatorii terești, se realizează prin folosirea unor culori corespunzătoare fondului ceresc: albastru-deschis, roz și alb. Aceste culori sînt distribuite pe suprafața avionului sub forma unor pete mici. La înălțimea de 750 m, aceste culori se contopesc într-un singur fond puțin vizibil. La înălțimea de 3 000 m, avioanele astfel camuflate devin invizibile. Bombardierele destinate pentru atacurile nocturne sînt vopsite în negru.

Culoarea de camuflaj valabilă în o r i c e împrejurare ar fi suprafața de o g l i n d ă , care reflectă fondul. Obiectul care are o astfel de suprafață ia automat aspectul și coloritul mediului înconjurător; descoperirea lui de la o distanță mare este aproape imposibilă. În primul război mondial, germanii au folosit acest principiu pentru zepeline: suprafața multora dintre ele era o suprafață lucioasă de aluminiu, care reflecta cerul și norii; în timpul zborului ele puteau fi observate foarte greu dacă prezența lor nu era trădată de zgomotul motorului.

Astfel se realizează în natură și în tehnica militară visul despre căciula care te face invizibil.

OCHIUL OMENESC SUB APĂ

Imaginați-vă că puteți rămîne sub apă un timp oricît de îndelungat și să țineți tot timpul ochii deschiși. Ați vedea oare?

S-ar părea că, apa fiind transparentă, nimic n-ar trebui să vă împiedice să vedeți sub apă tot atît de bine ca și în aer.

Amintiți-vă însă de orbirea „omului invizibil", care nu poate vedea pentru că indicele de refracție al ochiului lui este egal cu cel al aerului. Sub apă ne aflăm aproximativ în aceleași condiții ca și „invizibilul" în aer. Să vedem ce ne spun cifrele și acest lucru va deveni mai clar. Indicele de refrac-

ţie a apei este 1,34. Iată şi indicii de refracţie ai mediilor transparente din ochiul uman:

— corneea şi umoarea vitroasă 1,34
— cristalinul 1,45
— umoarea apoasă 1,34

Vedeţi, aşadar, că capacitatea de refracţie a cristalinului este doar cu 1/10 mai mare decît a apei; pentru celelalte părţi ale ochiului ea este e g a l ă cu cea a apei.

De aceea sub apă razele se adună în focar mult în spatele retinei; prin urmare, pe retină imaginea va fi neclară şi se poate distinge doar cu multă greutate. Numai oamenii foarte miopi văd sub apă mai mult sau mai puţin normal.

Dacă vreţi să vă daţi seama cum v-ar părea obiectele sub apă, puneţi-vă nişte ochelari cu lentile biconvexe: atunci focarul razelor care se refractă în ochi se va deplasa mult în spatele retinei şi tot ce vă înconjură va fi neclar, ca învăluit în ceaţă densă.

Dar poate omul să folosească sub apă, pentru a vedea mai bine, nişte lentile cu putere de refracţie mare?

Sticlele obişnuite de ochelari nu pot să vă folosească prea mult; indicele de refracţie al sticlei simple este de 1,5, adică numai cu puţin mai mare decît al apei (1,34); aceşti ochelari vor avea o refracţie foarte mică sub apă. Sînt necesare sticle speciale cu o capacitate de refracţie foarte mare (aşa-numitul „flintglas greu“ are un indice de refracţie aproape egal cu doi). Cu astfel de ochelari am fi putut vedea mai mult sau mai puţin bine sub apă (despre ochelarii speciali ai celor ce înoată sub apă vezi mai departe).

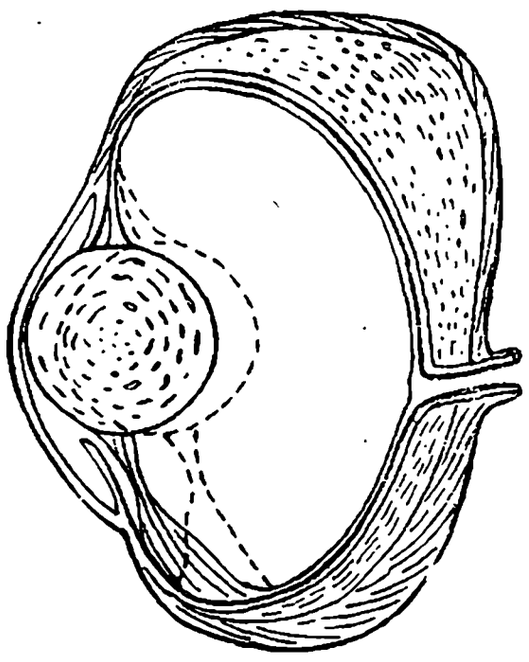


Fig. 112 — Secţiunea ochiului de peşte. Cristalinul are o formă sferică pe care nu şi-o schimbă la acomodare. În schimb, se modifică poziţia cristalinului în ochi, după cum ne indică linia punctată.

Înţelegem acum de ce la peşti cristalinul este aşa de bombat; el este sferic şi indicele lui de refracţie este mai mare decît la orice alt animal cunoscut. Dacă lucrurile n-ar fi stat astfel, atunci peştii nu

s-ar fi putut servi prea mult de ochii lor, fiind condamnaţi să trăiască într-un mediu transparent cu indice de refracţie foarte mare.

CUM VĂD SCAFANDRII?

Probabil că mulţi îşi pun următoarea întrebare: dar cum pot vedea oare scafandrii, îmbrăcaţi în costumele lor speciale, dacă ochii noştri nu refractă aproape de loc lumina în apă? Ştim doar că sticlele cu care sînt prevăzute căştile scafandrilor nu sînt convexe, ci plane ... Oare pasagerii lui Jules Verne de pe nava „Nautilus" puteau admira din cabina lor privelişti-tile oferite de lumea subacvatică?

Iată o întrebare nouă, la care, de altfel, nu este greu de răspuns. Răspunsul va fi clar dacă ţinem seama de faptul că, atunci cînd ne aflăm sub apă fără costum de scafandru, apa aderă d i r e c t la ochiul nostru; în casca de scafandru însă (sau în cabina lui „Nautilus"), ochiul este s e p a r a t d e a p ă p r i n t r - u n s t r a t d e a e r (şi sticlă). Aceasta face ca lucrurile să se schimbe în mod radical. Razele de lumină, ieşind din apă şi trecînd prin sticlă, nimeresc întîi în aer şi numai după aceea pătrund în ochi. Venind din apă şi căzînd pe s t i c l a p l a n p a r a l e l ă sub un unghi oarecare, conform legilor opticii razele ies din sticlă f ă r ă s ă - ş i s c h i m b e d i r e c ţ i a; mai departe însă, trecînd din aer în ochi, razele se refractă şi, în aceste condiţii, ochiul lucrează în acelaşi fel ca şi pe uscat. Iată cum se rezolvă aparenta contradicţie care ne pusese pe gînduri. Cea mai bună ilustrare a celor arătate mai sus este faptul că vedem bine peştii care înoată în acvariu.

LENTILELE DE STICLĂ SUB APĂ

Aţi încercat vreodată să faceţi următoarea experienţă simplă: să cufundaţi în apă o lentilă biconvexă („lupă") şi să priviţi prin ea obiectele cufundate în apă? Încercaţi şi veţi avea o surpriză: în apă lupa nu măreşte aproape de loc. Cufun-

dați o sticlă biconcavă și veți observa că și ea își pierde în mare parte capacitatea de micșorare. Dacă experiența nu va fi făcută cu apă, ci cu un lichid al cărui indice de refracție este mai mare decît al sticlei, atunci sticla biconvexă va micșora obiectele, iar cea biconcavă le va mări.

Dacă însă vă veți aminti legea de refracție a razelor de lumină, atunci aceste „minuni" nu vă vor mai uimi prin caracterul lor neobișnuit. Lentila biconvexă mărește în aer pentru că sticla refractă lumina mai puternic decît aerul înconjurător. Dar între capacitatea de refracție a sticlei și cea a apei diferența nu este mare: de aceea, dacă veți cufunda lentila de sticlă în apă, atunci razele de lumină, trecînd din apă în sticlă, nu suferă o deviere mare. De aceea sticla biconvexă mărește mult mai puțin sub apă decît în aer, iar cea biconcavă micșorează mult mai puțin.

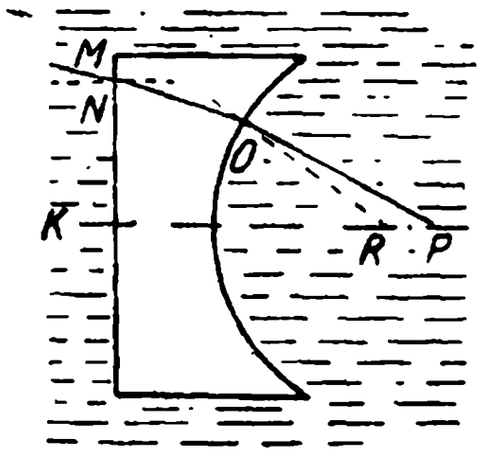


Fig. 113 — Ochelarii pentru cei care înoată sub apă au lentile planconcave. Raza *MN*, refractîndu-se, parcurge drumul *MNOP*, depărtîndu-se în interiorul lentilei de la perpendiculara de incidență și apropiindu-se de ea (adică de *OR*) în afara lentilei. De aceea lentila funcționează ca sticlă convergentă.

De exemplu, monobromnaftalina refractă razele mai puternic decît sticla și de aceea în acest lichid lentilele biconvexe micșorează, iar cele biconcave măresc obiectele. Tot așa funcționează sub apă și lentilele goale (mai bine zis cu aer): cele concave măresc, iar cele convexe micșorează. Pentru ochelarii subacvatici se folosesc tocmai astfel de lentile (fig. 113).

ÎNOTĂTORII LIPSIȚI DE EXPERIENȚĂ

Înotătorii lipsiți de experiență sînt adesea pîndiți de un pericol mare numai pentru că uită o consecință interesantă a legii de refracție a luminii; ei nu știu că refracția ridică parcă toate obiectele cufundate în apă, făcînd să pară plasate mai sus de poziția lor reală. Fundul lacului, al rîului, al oricărui

bazin cu apă apare r i d i c a t cu aproape o t r e i m e din adîncimea-i reală; bazîndu-se pe această reducere aparentă a adîncimii, oamenii nimeresc adesea în situaţii periculoase. Deosebit de important este ca acest lucru să fie ştiut de copii şi de oamenii mici de statură, pentru care o astfel de eroare poate fi fatală.

Fig. 114 — Imaginea deformată a linguriţei într-un pahar cu apă.

Cauza este refracţia razelor de lumină. Aceeaşi lege optică care deformează imaginea linguriţei în paharul cu apă face ca fundul bazinului să apară mai ridicat decît în realitate (fig. 114).

Puteţi verifica acest lucru.

Aşezaţi pe cineva în faţa mesei, astfel încît el să nu poată vedea fundul unei cești din faţa lui. Aruncaţi în ea o monedă, care, desigur, va rămîne invizibilă pentru ochiul tovarăşului dumneavoastră. Rugaţi-l acum pe acesta să nu-şi întoarcă capul şi turnaţi apă în ceaşcă. Va avea loc ceva n e a ş t e p t a t: moneda va deveni vizibilă pentru oaspetele dumneavoastră! Îndepărtaţi cu o pompiţă apa şi fundul cu moneda va deveni iarăşi invizibil (fig. 115).

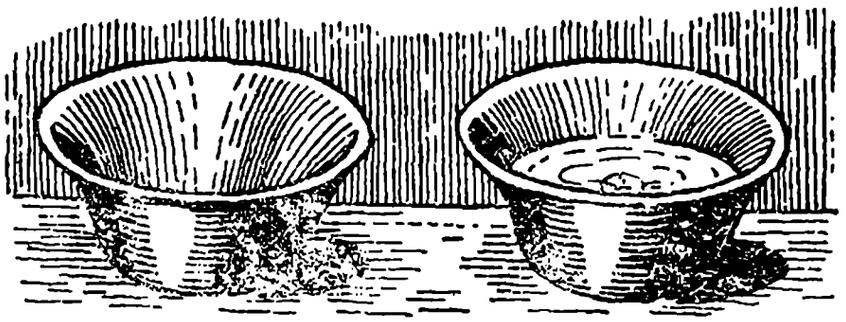


Fig. 115 — Experienţa cu moneda în ceaşcă.

Figura 116 explică cum are loc acest fenomen. Partea *m* din fund i se pare observatorului (al cărui ochi se află deasupra apei în punctul A) ridicată: razele se refractă şi, trecînd

din apă în aer, pătrund în ochi așa cum este arătat în desen, iar ochiul vede porțiunea respectivă în continuarea acestor linii, adică deasupra lui *m*. Cu cît sînt mai înclinate razele, cu atît mai mult se ridică *m*. Iată de ce fundul neted al unui lac, privind, de exemplu, dintr-o barcă, ni se pare totdeauna mai adînc direct sub noi și din ce în ce mai puțin adînc în jur.

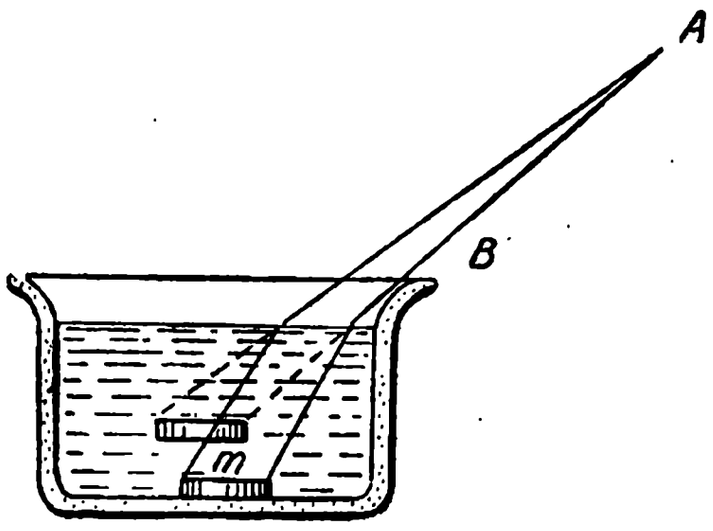


Fig. 116 — De ce în experiența din figura 115 moneda ni se pare ridicată.

Astfel, fundul lacului ni se pare convex. Dimpotrivă, dacă am putea privi de pe fundul unui lac podul care trece pe deasupra lui, acesta din urmă ni s-ar părea c o n c a v (ca în fig. 117; despre metoda prin care s-a obținut această fotografie se va vorbi mai jos). În cazul de față, razele trec dintr-un mediu cu coeficient de refracție mic (aerul) într-unul cu coeficient de refracție mare (apa), de aceea și efectul obținut este contrar celui observat la trecerea razelor din apă în aer. Dintr-o cauză asemănătoare, șirul de oameni care stau, de exemplu, lîngă un acvariu nu trebuie să le apară peștilor sub forma unui șir drept, ci sub forma unui arc, îndreptat cu partea-i convexă spre pești. Despre felul în care văd peștii sau, mai exact, despre felul cum ar fi trebuit să vadă ei dacă ar fi avut ochi omenești, vom discuta în curînd mai amănunțit.

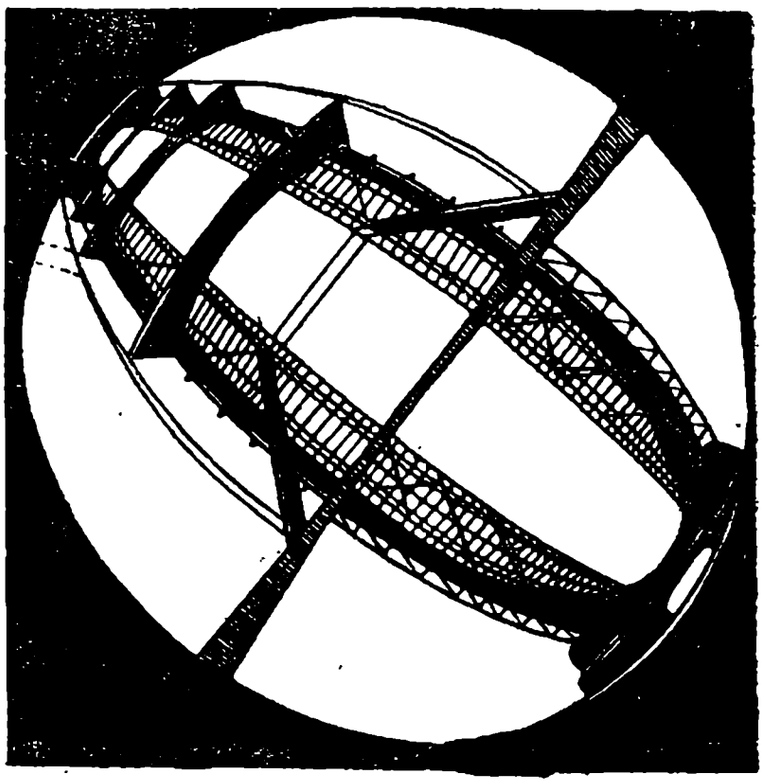


Fig. 117 — Cum îi apare observatorului subacvatic un pod de cale ferată construit peste un rîu (de pe o fotografie a prof. Wood).

Înfigeţi un ac cu gămălie într-un cerculeţ plan de plută şi aşezaţi-l cu acul în jos pe suprafaţa apei turnate într-un lighean. Dacă cerculeţul nu este prea mare, atunci, oricît aţi înclina capul, nu veţi reuşi să vedeţi acul, deşi s-ar părea că el este suficient de lung pentru a fi văzut (fig. 118).

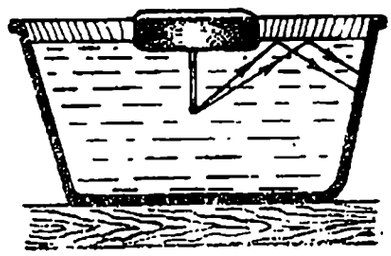


Fig. 118 — Experienţa cu acul invizibil în apă.

De ce oare razele de la ac nu ajung la ochiul nostru? Pentru că ele suferă ceea ce în fizică se numeşte *reflexie totală.*

Să vă reamintim în ce constă acest fenomen.

În figura 119 putem urmări drumul razelor care trec prin apă în aer (în general dintr-un mediu cu coeficient de refracţie mai mare într-unul cu refracţie mai mică) şi invers. Cînd razele vin din aer în apă, atunci ele se apropie de *perpendiculara de incidenţă*; de exemplu, raza incidentă pe apă sub un unghi β la perpendiculara pe planul de incidenţă pătrunde în ea sub unghiul α, care este mai mic decît β (fig. 119 *I*, unde săgeţile

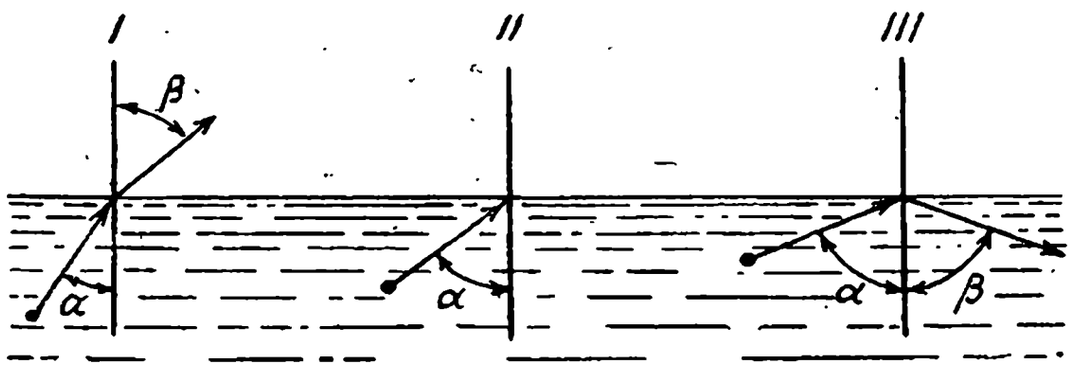


Fig. 119 — Cazuri diferite de refracţie a razei la trecerea ei din apă în aer. În cazul II raza cade sub unghiul limită faţă de perpendiculara de incidenţă şi iese din apă lunecînd de-a lungul suprafeţei ei; în cazul III este reprezentată reflexia totală.

trebuie rotite acum în sens invers). Dar ce se întîmplă dacă raza incidentă, lunecînd pe suprafaţa apei, cade pe suprafaţa ei sub un unghi aproape drept faţă de perpendiculară?

Ea intră în apă sub un unghi mai mic decît cel drept' și anume sub un unghi de numai $48^1/_2$ grade. Raza nu poate intra în apă sub un unghi mai mare față de perpendiculară decît $48^1/_2$ grade; acesta este unghiul *limită* pentru apă. Este necesar să ne clarificăm aceste relații pentru a înțelege mai departe consecințele cu totul neașteptate și foarte interesante ale legii refracției.

Am aflat acum că razele care intră în apă sub diferite unghiuri converg sub ea într-un con destul de îngust, cu unghiul de deschidere de $48^1/_2 + 48^1/_2 = 97°$. Să urmărim acum drumul razelor care se întorc d i n a p ă î n a e r (fig. 120). Conform legilor opticii, drumul va fi același și toate razele cuprinse de conul de 97° menționat mai sus vor ieși în aer sub unghiuri diferite, distribuindu-se în întregul spațiu de 180° de deasupra apei.

Dar ce se va întîmpla cu raza subacvatică aflată în afara acestui con? E a n u v a m a i i e ș i d e s u b a p ă,

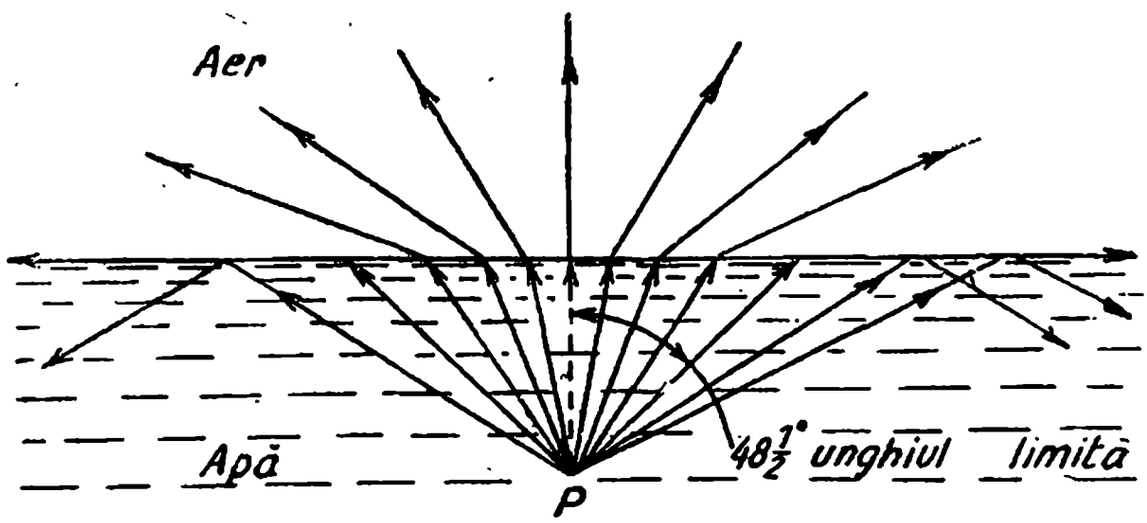


Fig. 120 — Razele care pornesc din punctul *P* sub un unghi de incidență mai mare decît cel limită (pentru apă el este de 48½ grade), nu ies din apă în aer, ci se reflectă în întregime în interior.

c i s e v a r e f l e c t a în întregime de la s u p r a f a ț a e i c a d e l a o o g l i n d ă.

În general, orice rază subacvatică care întîlnește suprafața apei sub un unghi mai mare decît cel *limită* (adică mai

mare decît $48^1/_2$ grade) nu se refractă, ci se reflectă; are loc, după cum spun fizicienii, *o reflexie totală*[1].

Dacă peștii ar fi studiat fizica, atunci pentru ei capitolul cel mai important din optică ar fi fost acela despre *reflexia totală*, pentru că în vederea lor subacvatică ea are un rol primordial.

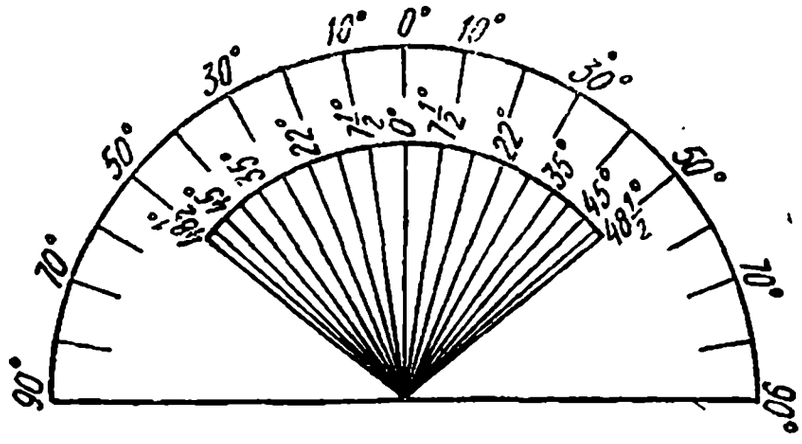


Fig. 121 — Arcul lumii exterioare, de 180°, se reduce pentru observatorul subacvatic pînă la un arc de 97°; această reducere este cu atît mai mare cu cît este mai departe porțiunea de arc de punctul zenitului (0°).

Probabil că de particularitățile vederii subacvatice este legat și coloritul argintiu al peștilor. După părerea zoologilor, această culoare este rezultatul adaptării peștilor la culoarea stratului de apă de deasupra lor: după cum știm, privită de jos suprafața apei are aspectul de oglindă, datorită *reflexiei totale*; pe un astfel de fond, peștii argintii rămîn nevăzuți pentru dușmanii lor.

LUMEA PRIVITĂ DE SUB APĂ

Sînt mulți cei care nici nu bănuiesc cît de neobișnuită ne-ar fi apărut lumea dacă am fi privit-o de sub apă: ea ar fi apărut atît de schimbată și de deformată, încît ar fi fost de nerecunoscut.

Imaginați-vă că sînteți cufundat în apă și priviți lumea de la suprafață prin perdeaua de apă de deasupra dumneavoastră.

---

[1] În cazul de față, reflexia se numește t o t a l ă pentru că aici are loc reflexia tuturor razelor incidente, în timp ce pînă chiar și oglinda cea mai bună (din magneziu șlefuit sau argint) reflectă numai p a r ț i a l razele incidente, absorbindu-le pe celelalte. Apa însă, în condițiile arătate mai sus, este o oglindă ideală.

Norul suspendat pe cer deasupra capului nu-şi va schimba cu nimic aspectul: raza verticală nu se refractă. Însă toate celelalte obiecte, ale căror raze cad pe suprafaţa apei sub unghiuri ascuţite, apar deformate: ele se contractă parcă, reducîndu-şi înălţimea, şi aceasta cu atît mai mult, cu cît este mai ascuţit unghiul dintre raza incidentă şi suprafaţa apei. Acest lucru este uşor de înţeles: întreaga lume vizibilă de deasupra apei trebuie să încapă în conul subacvatic îngust; 180 de grade trebuie să încapă în numai 97 şi, ca urmare, imaginile vor fi deformate. Obiectele ale căror raze întîlnesc suprafaţa apei sub un unghi de 10 grade se contractă în apă într-atît, încît aproape că încetează să se mai distingă.

Dar cel mai mult ne-ar fi uimit însuşi aspectul suprafeţei apei: privind de sub apă, ea nu apare plană, ci în formă de con! Vi se va părea că vă aflaţi la fundul unei pîlnii uriaşe ai cărei pereţi sînt înclinaţi cu un unghi ceva mai mare decît cel drept (97 de grade). Marginea de sus a acestui con este încercuită de un curcubeu din benzi care au culoarea roşie, galbenă, verde, albastră şi violetă. De ce? Lumea solară albă este constituită din culori diferite; fiecare culoare îşi are indicele său de refracţie, deci şi *unghiul său limită*. Urmarea acestui fapt este că obiectul privit de sub apă apare înconjurat de o aureolă multicoloră, formată din benzi de toate culorile curcubeului.

Dar ce se vede mai departe dincolo de marginile acestui con, care cuprinde întreaga lume de deasupra apei? Acolo se întinde suprafaţa lucie a apei, în care se reflectă ca într-o oglindă obiectele s u b a c v a t i c e.

Pentru un observator subacvatic, o înfăţişare cu totul inedită capătă obiectele cufundate parţial în apă şi care parţial apar deasupra ei. Presupunem că am cufundat în apă o tijă de măsurat adîncimea ei (fig. 122). Ce va vedea observatorul plasat sub apă în punctul *A*? Împărţim spaţiul ce-l înconjură — 360 de grade — în sectoare şi ne ocupăm de fiecare sector în parte. În limitele unghiului 1 el va vedea fundul rîului, desigur dacă acesta este luminat suficient. În unghiul 2 el va vedea nedeformată partea tijei care se află sub apă. Aproximativ în unghiul 3 el va vedea imaginea reflectată a aceleiaşi părţi a tijei, adică jumătatea ei subacvatică răsturnată (amintiţi-vă ce s-a vorbit despre *reflexia totală*). Mai sus observatorul va vedea partea de tijă care iese din apă, dar ea nu vine în

ontinuarea celei subacvatice, ci se va deplasa mult mai sus, eparîndu-se complet de baza sa. Desigur că observatorului ici nu-i va trece prin minte că această tijă plutitoare este

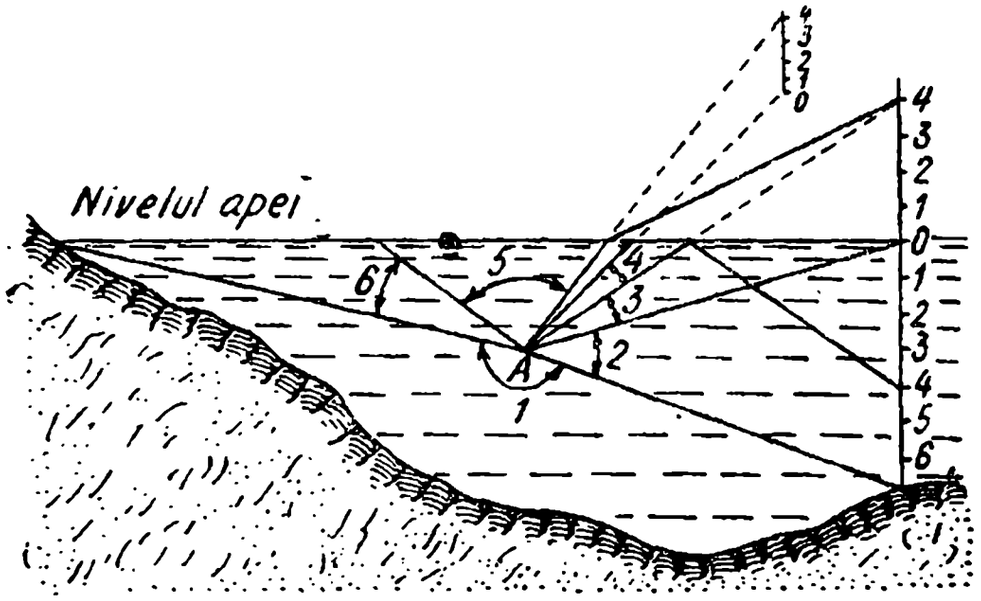


Fig. 122 — Aspectul pe care-l capătă tija de măsurat apa pentru un observator subacvatic al cărui ochi este plasat în *A*. În unghiul 2 se vede, foarte clar, partea cufundată a tijei. În unghiul 3 — reflexia ei de la suprafaţa interioară a apei. Mai sus se vede, redusă, partea care iese din apă; ea este separată printr-un spaţiu de restul ei. În unghiul 4 se reflectă fundul. În unghiul 5 se vede întreaga lume de deasupra apei sub forma unui tub conic. În unghiul 6 se vede imaginea reflectată a fundului de la suprafaţa inferioară a apei. În unghiul 1 — imaginea neclară a fundului.

continuarea celei prime! În acelaşi timp tija va apărea şi mult mai scurtă, mai ales în partea de jos; acolo diviziunile vor fi mult apropiate. Copacul de pe malul inundat de ape trebuie să apară observatorului subacvatic aşa cum este reprezentat în figura 123.

Dar dacă în locul tijei s-ar afla un om, el ar apărea de sub apă ca în figura 124. Iată sub ce aspect le apare peştilor un om care face baie! Mergînd pe fundul nu prea adînc al apei, noi ne dublăm pentru ei şi ne transformăm în două fiinţe: cea superioară fără picioare, cea inferioară fără cap, dar cu patru picioare! Cînd ne depărtăm de observatorul subacvatic, partea de sus a trupului nostru se micşorează tot mai mult în partea inferioară; la o oarecare distanţă aproape întreaga parte de deasu-

pra apei a trupului dispare și nu rămîne decît capul care plutește separat.

Oare se pot verifica direct, pe cale experimentală, aceste concluzii neobișnuite? Înotînd sub apă, am fi văzut foarte puțin, chiar dacă ne-am fi obișnuit să ținem ochii deschiși. În primul rînd, suprafața apei nu reușește să se liniștească în acele puține secunde pe care le putem petrece sub apă, iar prin suprafața ondulată este greu să distingi ceva. În al doilea rînd, după cum am explicat mai sus, indicele de refracție a apei se deosebește puțin de indicele de refracție al mediilor transparente ale ochiului nostru și de aceea pe retină se formează o imagine foarte neclară; cele înconjurătoare vor apărea ca în ceață, nebuloase. Nici observația făcută de sub casca scafandrului sau prin geamul de sticlă al submarinului nu ar putea da rezultate dorite. În aceste cazuri, după cum am arătat, deși observatorul se găsește sub apă, el nu se găsește în condițiile de *vedere subacvatică*: înainte de a intra în ochiul lui, în aceste cazuri razele de lumină, trecînd prin sticlă, intră din nou în mediu aerian și, prin urmare, suferă o refracție inversă; astfel ori se restabilește direcția inițială a razei, ori capătă o nouă direcție, dar în orice caz nu pe aceea pe care a avut-o în apă. Iată de ce observațiile făcute prin geamurile de sticlă ale încăperilor subacvatice nu pot da imaginea exactă a condițiilor de *vedere subacvatică*. Dar nu e necesar să stăm noi înșine sub apă pentru a ne da seama cum se prezintă lumea privită de sub ea.

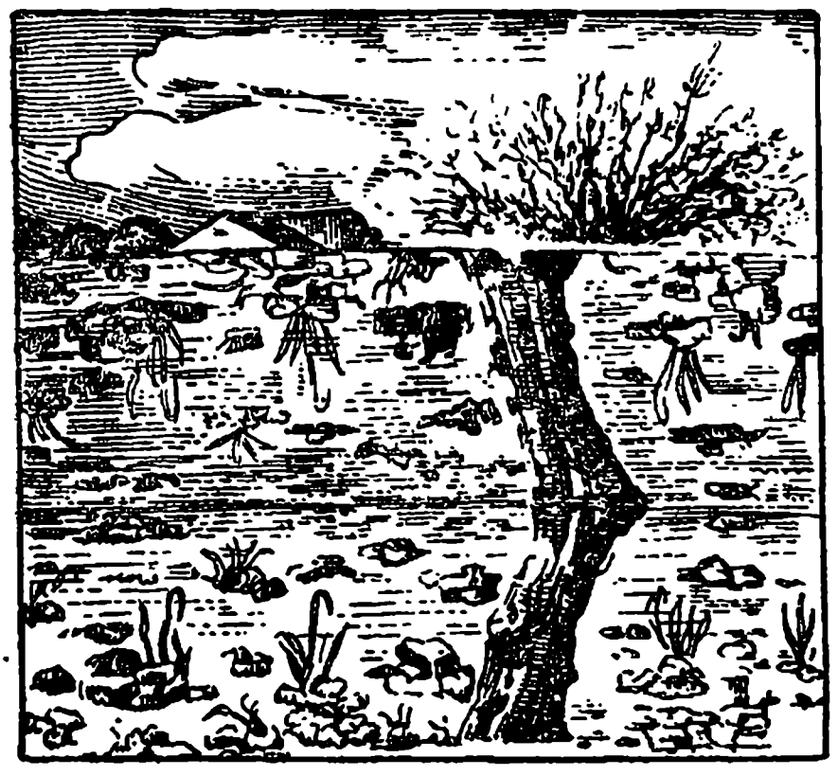


Fig. 123 — Cum apare copacul inundat dacă este privit de sub apă (comparați cu fig. 122).

Condiţiile vederii subacvatice pot fi studiate cu ajutorul unei camere fotografice speciale care este umplută cu apă. În locul obiectivului este folosită aici o placă metalică cu un mic orificiu. Este uşor de înţeles că, dacă întregul spaţiu dintre orificiu şi placa fotosensibilă este umplut cu apă, atunci lumea înconjurătoare trebuie să apară pe placă aşa cum îi apare ea unui observator subacvatic. Prin această metodă, fizicianul american, profesorul Wood, a obţinut fotografii foarte interesante, din care una este reprodusă în figura 117. În ce priveşte cauza deformării obiectelor de deasupra apei pentru observatorul subacvatic (pe fotografia lui Wood, liniile drepte ale podului de cale ferată s-au obţinut sub formă de arcuri), noi am arătat-o cînd am explicat de ce fundul plan al lacului pare concav (pag. 230).

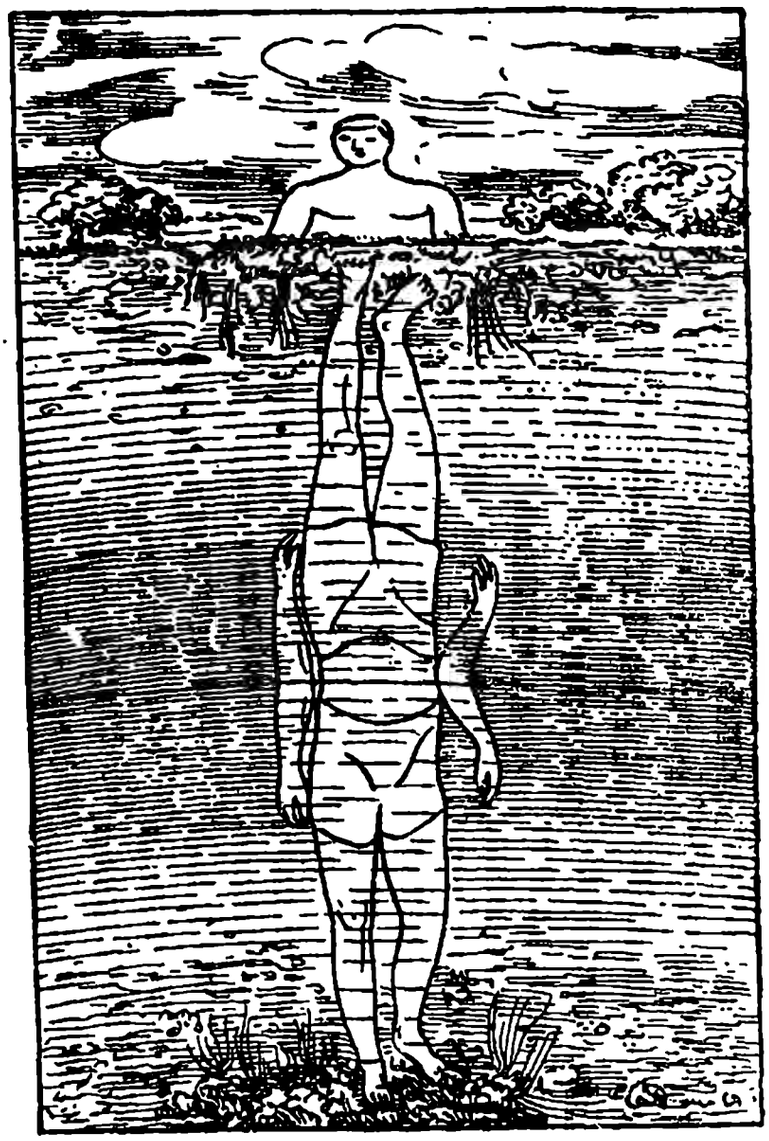


Fig. 124 — Cum îi apare observatorului subacvatic un om cufundat în apă pînă la piept (comparaţi cu fig. 122).

Există şi o altă metodă de a face cunoştinţă direct cu felul în care apare lumea observatorilor subacvatici: în apa unui lac liniştit se poate cufunda o oglindă şi, înclinînd-o în mod corespunzător, se poate observa imaginea obiectelor de deasupra apei.

Rezultatele acestor observaţii confirmă în toate amănuntele consideraţiile teoretice expuse mai sus.

Astfel, stratul transparent de apă dintre ochi şi obiectele din afara acestui strat deformează întregul tablou al lumii

de deasupra apei, imprimîndu-i contururi fantastice. Fiinţa care după viaţa pe uscat s-ar fi trezit în apă nu şi-ar fi recunoscut lumea atît de familiară, atît de mult s-ar fi schimbat ea privită din adîncurile stihiei acvatice transparente.

CULORILE DIN ADÎNCUL APELOR

Un biolog descrie într-un mod foarte pitoresc schimbarea de nuanţe luminoase sub apă.

„Ne-am cufundat cu batisfera în apă şi trecerea instantanee de la lumea galben-aurie la cea verde a fost neaşteptată. După ce pe geamuri nu a mai rămas spumă şi nici bule de aer, ne-a inundat culoarea verde; feţele noastre, baloanele, chiar şi pereţii înnegriţi au fost coloraţi de ea. De pe punte părea că ne cufundăm în ultramarinul întunecat.

Chiar la prima cufundare ochiul este lipsit de razele calde[1], adică roşii şi portocalii, ale spectrului. Culoarea roşie şi cea portocalie parcă nu ar fi existat niciodată; în curînd şi culoarea galbenă a fost absorbită de cea verde. Deşi veselele raze calde formează doar o mică parte a spectrului vizibil, cînd ele dispar la adîncimea de 30 sau mai mulţi metri rămîn totuşi numai frigul, întunericul şi moartea.

Pe măsură ce coboram, dispăreau treptele şi nuanţele verzi; la adîncimea de 60 de metri nu se mai putea spune dacă apa era albastră-verzuie sau verde-albăstruie.

La adîncimea de 180 de metri totul părea colorat în albastru dens, strălucitor. Avea o forţă de iluminare atît de slabă, încît nu se mai putea scrie sau citi.

La adîncimea de 300 de metri am încercat să determin culoarea apei: negru-albastru, cenuşiu-albastru închis. Este curios că, atunci cînd dispare culoarea albastră, ea nu este

[1] Aici cuvîntul *cald* este folosit în sensul pe care-l acordă acestui cuvînt pictorii, caracterizînd culorile; ei numesc *calde* culoarea roşie şi portocalie, spre deosebire de cele *reci*: albastru şi bleu.

înlocuită cu cea violetă — ultima din spectrul vizibil; probabil că ea este deja absorbită. Ultima licărire de albastru se transformă în cenușiu nedefinit, iar acesta, la rîndul său în negru. Începînd cu acest nivel, Soarele este învins și culorile sînt alungate pentru totdeauna, pînă pătrunde aici omul și străpunge cu lumina electrică tot ceea ce timp de miliarde de ani a fost negru absolut".

Despre întunericul de la adîncimi mari, același cercetător scrie într-un alt loc următoarele:

„Întunericul de la adîncimea de 750 de metri părea mai negru decît se putea imagina, și totuși acum (la adîncimea de aproximativ 1 000 de metri) el părea mai negru decît negru Părea că toate nopțile următoare din lumea de sus vor fi percepute numai ca grade relative de amurg. Și niciodată nu am mai putut folosi cuvîntul *negru* cu o convingere absolută."

PATA OARBĂ A OCHIULUI NOSTRU

Dacă vi se va spune că în cîmpul vederii dumneavoastră există un sector pe care nu-l vedeți de loc, deși el se găsește în fața dumneavoastră, desigur că nu veți crede. Este posibil oare ca o viață întreagă să nu observați o lipsă atît de mare a ochiului nostru? Și, totuși, iată o experiență simplă care vă va convinge de acest lucru.

Țineți figura 125 la o distanță de 20 de centimetri de ochiul dumneavoastră drept (închizînd stîngul) și priviți cruciulița din stînga; apropiați încet desenul de ochi: într-un anumit moment veți remarca că pata neagră mare de la intersecția celor două cercuri v a d i s p ă r e a f ă r ă u r m ă ! Nu o veți mai vedea, deși ea continuă să rămînă în limitele unui sector aflat în cîmpul dumneavoastră vizual și cele două cercuri vor fi văzute perfect!

Această experiență, efectuată pentru prima dată în 1668 (într-o variantă întrucîtva deosebită) de cunoscutul fizician Mariotte, i-a amuzat foarte mult pe curtenii lui Ludovic al XIV-lea. Mariotte proceda astfel: îi așeza pe doi dintre curteni față în față la o distanță de 2 m unul de celălalt și-i ruga să

privească cu un singur ochi un anumit punct plasat într-o parte; atunci fiecăruia dintre cei doi participanţi la joc i se părea că vizaviul lui nu are cap.

Oricît de curios ni s-ar părea, dar abia în secolul al XVII-lea oamenii au aflat că pe retina ochiului există o „pată oarbă“,

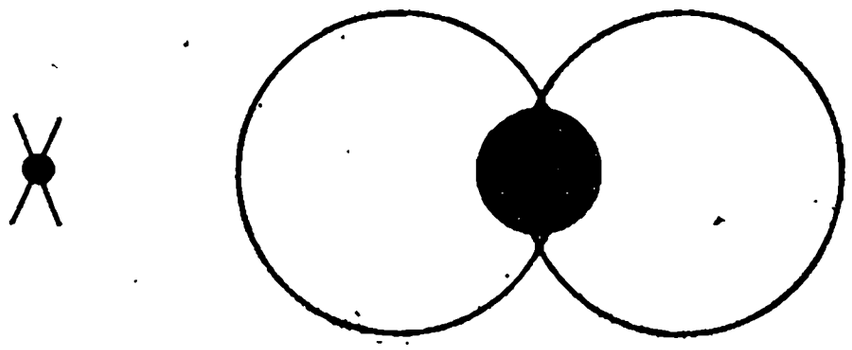


Fig. 125 — Ilustraţie pentru descoperirea petei oarbe.

a cărei existenţă nici nu fusese bănuită. Pata oarbă se află în acel loc al retinei unde nervul vizual intră în globul ochiului şi nu se ramifică încă în firişoare mici purtătoare de elemente sensibile la lumină.

Noi nu remarcăm gaura neagră din cîmpul nostru vizual datorită unei obişnuinţe îndelungate. În mod inconştient, imaginaţia noastră suplineşte acest gol din amănuntele fondului înconjurător: astfel, în figura 125, nevăzînd pata, noi continuăm în imaginaţie liniile conturului şi avem convingerea că vedem clar locul în care ele se intersectează.

Dacă purtaţi ochelari, puteţi face următoarea experienţă: lipiţi o bucăţică de hîrtie pe sticla ochelarilor (nu chiar la mijloc, ci într-o parte). Primele zile această hîrtie vă va deranja; va trece însă o săptămînă, două şi vă veţi obişnui în aşa măsură cu ea, încît nu o veţi mai observa. De altfel lucrul acesta îl cunosc bine toţi cei care au purtat ochelari cu sticla spartă: crăpătura deranjează doar în primele zile. Tot astfel, datorită unei obişnuinţe îndelungate, noi nu observăm pata oarbă din ochiul nostru. Afară de aceasta, cele două pete oarbe corespund unor sectoare diferite ale cîmpului vizual al fiecăruia dintre ochi, astfel încît, privind cu ambii ochi, nu există nici un gol în cîmpul lor vizual comun.

Să nu credeţi că pata oarbă de pe retina noastră este mică, cînd priviţi (cu un singur ochi) o casă de la distanţa de 10 m;

atunci din cauza petei oarbe nu vedeţi o bună parte din faţada ei, un sector cu diametrul de peste un metru; el poate cuprinde o fereastră întreagă. Iar pe cer rămîne invizibilă o porţiune a cărei suprafaţă este egală cu suprafaţa a 120 de discuri de lună plină!

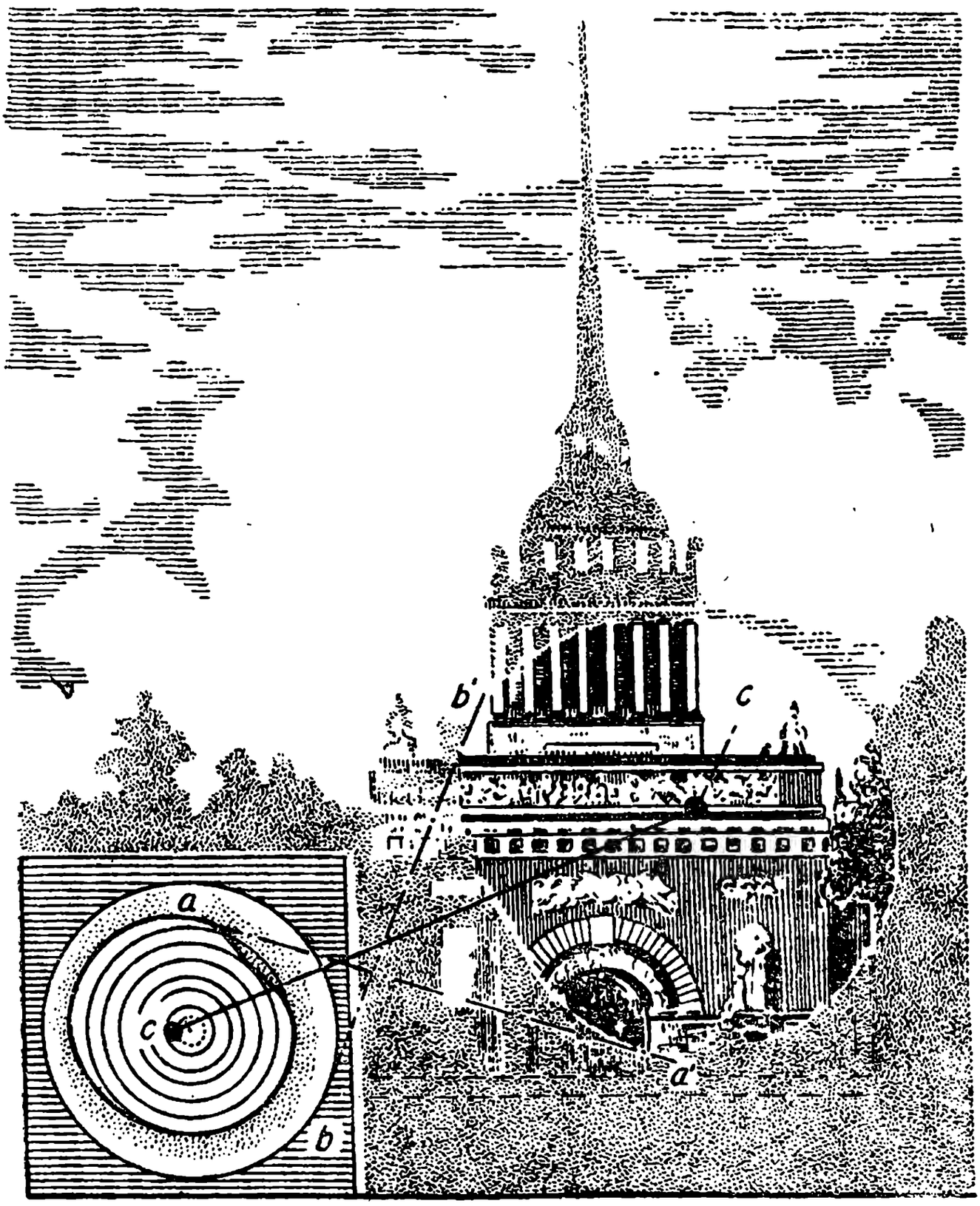


Fig. 126 — Privind clădirea cu un singur ochi, remarcăm că acesta nu percepe de loc un sector mic *C* din cîmpul vizual, corespunzător petei oarbe (*c*) a ochiului.

Să vorbim cu acest prilej despre dimensiunile vizibi ale Lunii. Dacă-i veţi întreba pe cunoscuţii dumneavoast cît de mare le a p a r e Luna, veţi primi răspunsurile ce mai contradictorii. Majoritatea vor răspunde că Luna es cît o farfurie, dar vor fi şi alţii care vor afirma că ea li se pa de mărimea unei farfurioare de dulceaţă, a unui măr, a un vişine. Unui şcolar Luna i se părea totdeauna „mare cît o ma rotundă de douăsprezece persoane". Iar un romancier afirn că pe cer „Luna avea un diametru de un arşin"[1].

De unde provine oare această diferenţă între dimensiuni unui aceluiaşi obiect văzut de persoane diferite?

Ea depinde de a p r e c i e r e a d i f e r i t ă a d i t a n ţ e i, apreciere care este totdeauna inconştientă. Om care a văzut Luna mare cît un măr şi-a închipuit-o la o distan mult mai mică decît oamenii cărora ea li se pare de dimens unile unei farfurii sau ale unei mese rotunde.

De altfel, majoritatea oamenilor îşi imaginează Luna ma cît o farfurie. De aici se poate trage o concluzie interesant Dacă calculăm (vom vedea metoda de calcul în cele ce urmeaz la ce distanţă plasează fiecare dintre noi Luna, care are astf de dimensiuni vizibile, atunci constatăm că distanţa respe tivă nu depăşeşte 30 m. Iată la ce distanţă mică plasăm n în mod inconştient astrul nostru nocturn!

Există multe iluzii optice bazate pe aprecierea greşit a distanţei. Îmi amintesc bine iluzia optică avută o dată d mine în copilărie, pe vremea cînd erau noi pentru mine toat impresiile existenţei. Născut şi crescut în oraş, în timpul un plimbări în împrejurimi făcute într-o primăvară, am văzu pentru prima dată în viaţă o cireadă de vaci care păşteau î luncă;pentru că apreciasem greşit distanţa, vacile mi s-a părut pitice. Vaci atît de mici nu am mai văzut şi desigur c nu voi mai vedea niciodată[2].

---

[1] **Arşin,** veche unitate de lungime rusească, egală cu 71 cm.

[2] Dar nu numai copiii, ci şi oamenii mari se lasă uneori amăgiţi d astfel de iluzii. Iată un fragment din povestirea *Plugarul* de Grigorovic „Împrejurimile erau ca-n palmă; copacii răsăreau chiar lîngă pod casa, dealul, păduricea păreau acum foarte aproape de sat. Toate aceste

Dimensiunile vizibile ale aștrilor, astronomii le determină cu ajutorul unghiului sub care îi vedem. *Mărime unghiulară, unghi vizual* se numește unghiul format din cele două drepte duse spre ochi din punctele marginale ale corpului examinat (fig. 127). Iar unghiurile, după cum se știe, se măsoară în

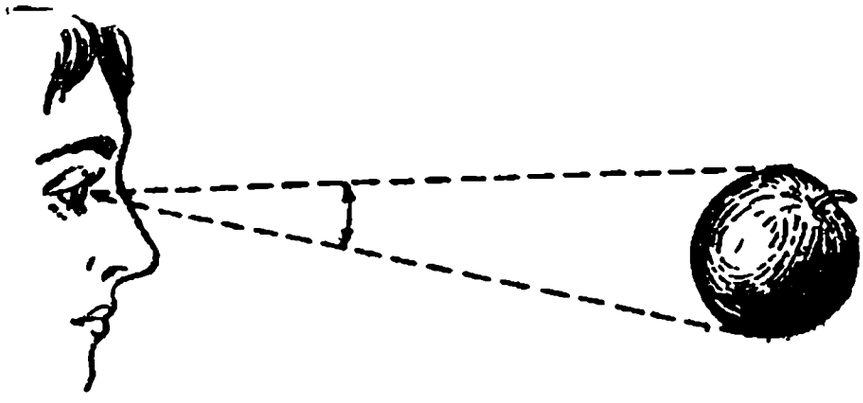


Fig. 127 — Ce este unghiul vizual.

grade, minute și secunde. La întrebarea cu privire la mărimea discului lunar, un astronom nu vă va răspunde că el este de mărimea unui măr sau a unei farfurii, ci va spune că această mărime este de o jumătate de grad; aceasta înseamnă că dreptele duse din marginile discului Lunii spre ochiul nostru formează un unghi de o jumătate de grad. O astfel de determinare a dimensiunilor vizuale este singura justă, care nu produce nici un fel de nedumerire.

Geometria ne învață[1] că un obiect depărtat de ochiul nostru cu o distanță de 57 de ori mai mare decît lățimea lui trebuie să-i apară observatorului sub un unghi de un grad. De exemplu, un măr cu diametrul de 5 cm va avea mărimea unghiulară de un grad dacă se va afla la distanța de 5 × 57 cm de ochi. La o distanță dublă el ne va apărea sub un unghi de $^1/_2$ de grad, adică de aceeași mărime cum ne apare și Luna. Dacă doriți, puteți spune că Luna vi se pare mare cît un măr, cu condiția însă ca acest măr să se afle la distanța de 670 cm (aproximativ 6 m) de ochii dumneavoastră. Dacă doriți să comparați mărimea Lunii cu cea a farfuriei, atunci trebuie s-o plasați pe aceasta din urmă la distanța de 30 m. Majoritatea oamenilor

---

deveniseră ca niște jucării, unde firicelele de iarbă reprezintă copaci, iar cioburi de oglindă rîuri".

[1] Cititorul pe care-l interesează calculele geometrice legate de unghiul vizual, va găsi explicațiile și calculele respective în cartea mea *Geometria distractivă*.

nu vor să creadă că Luna apare atît de mică; încercați însă să plasați o monedă de metal la o distanță de 114 ori mai mare decît diametrul ei: ea va acoperi exact Luna, deși se află numai la distanța de 2 m de ochi.

Dacă v-am propune să desenați pe hîrtie un cerculeț care să reprezinte discul Lunii văzut cu ochiul liber, această problemă vi s-ar părea insuficient de clară: cercul poate fi mai mare sau mai mic, în funcție de distanța la care se află de ochi. Dar sarcina devine clară dacă alegem distanța la care obișnuim să ținem cartea, hîrtia de desen etc., adică distanța de vizibilitate optimă. Pentru ochiul normal, ea este de 25 cm.

Calculăm deci ce mărime trebuie să aibă cerculețul, fie chiar pe pagina acestei cărți, pentru ca dimensiunea lui vizibilă să fie egală cu discul Lunii. Calculul este simplu: trebuie să împărțim distanța de 25 cm la 114. Obținem doar puțin mai mult de 2 mm. Este aproximativ mărimea literei *o* folosită în cartea de față . Nici nu-ți vine să crezi că Luna, precum și Soarele, care pare egal cu ea ca dimensiuni vizibile, ne apar sub un unghi atît de mic!

Ați observat, probabil, că după ce ați privit Soarele, în cîmpul dumneavoastră vizual apar mult timp niște cerculețe colorate. Acestea sînt așa-numitele „urme optice", care au aceeași mărime unghiulară ca și Soarele. Dar dimensiunile lor aparente variază: cînd priviți cerul, ele au mărimea discului solar; cînd însă vă coborîți privirea pe cartea din fața dumneavoastră, atunci „urma" Soarelui ocupă pe carte un locușor egal cu un cerculeț cu diametrul de aproximativ 2 mm, confirmînd întru totul justețea calculelor noastre.

DIMENSIUNILE VIZIBILE ALE AȘTRILOR

Dacă, păstrînd dimensiunile unghiulare, am dori să reprezentăm pe figură constelația Ursa Mare, atunci am obține desenul din figura 128. Privindu-l de la distanța de vizibilitate optimă, vedem constelația așa cum ne apare ea pe bolta cerească. Este, cum s-ar zice, o hartă a Ursei Mari, cu respec-

tarea mărimilor unghiulare. Dacă cunoaşteţi bine percepţia vizuală a acestei constelaţii, nu numai f i g u r a, ci şi p e r c e p ţ i a vizuală, atunci, privind desenul alăturat, reeditaţi parcă iarăşi această percepţie. Cunoscînd distanţele unghiu-

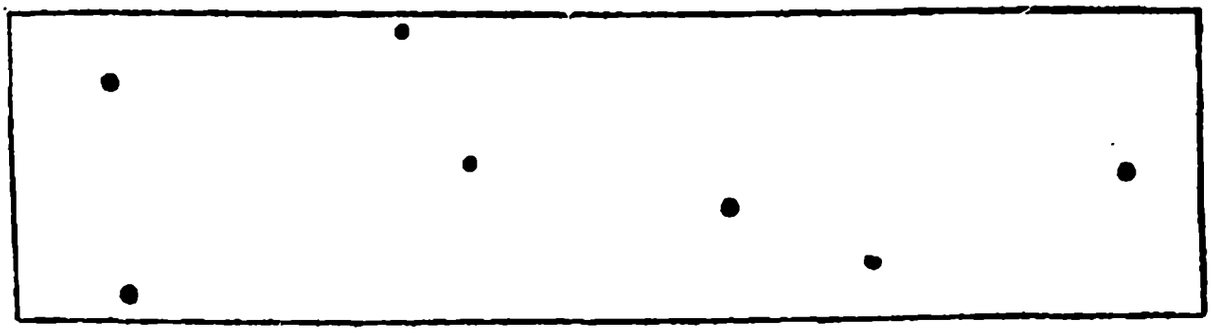


Fig. 128 — Constelaţia Ursa Mare. Sînt respectate mărimile unghiulare. Desenul trebuie ţinut la distanţă de 25 cm de ochi.

lare dintre principalele stele ale acestei constelaţii (ele sînt consemnate în calendarele astronomice şi publicaţiile informative amănunţite), puteţi desena sub „formă naturală“ un întreg atlas astronomic. Pentru aceasta este suficient să aveţi la dispoziţie hîrtie milimetrică şi să consideraţi că fiecare $4\,^1/_2$ mm sînt egale cu un grad (suprafeţele cerculeţelor care reprezintă stelele trebuie schiţate proporţional cu luminozitatea lor).

Trecem acum la planete. Dimensiunile lor vizibile, ca şi ale stelelor, sînt atît de mici, încît, dacă le privim cu ochiul liber, ele ni se par nişte puncte luminoase. Acest lucru este normal, pentru că nici una dintre planete (cu excepţia doar a lui Venus în perioada de luminozitate maximă a acesteia) nu-i apare ochiului liber sub un unghi mai mare de 1 minut, adică acea mărime de limită care ne mai permite să distingem un obiect ca pe un corp care are dimensiuni (sub un unghi mai mic, orice obiect ne apare ca un punct fără contururi).

Iată mărimea diferitelor planete în secunde; în dreptul fiecărei planete sînt indicate două cifre: prima dintre ele corespunde distanţei minime a astrului faţă de Pămînt, iar cea de-a doua celei maxime:

	Secunde
Mercur	13—5
Venus	64—10
Marte	25—$3\,^1/_2$
Iupiter	50—$30\,^1/_2$
Saturn	$20\,^1/_2$—15
Inelele lui Saturn	48—35

Schiţarea lor în „mărime naturală“ pe hîrtie este imposibilă: chiar şi un minut unghiular întreg, adică 60 de secunde, corespunde, la distanţa de vizibilitate optimă, doar la 0,04 mm, mărime care nu poate fi distinsă cu ochiul liber. De aceea reprezentăm discurile planetelor aşa cum apar ele într-un telescop care măreşte de 100 de ori. În figura 129 avem tabela

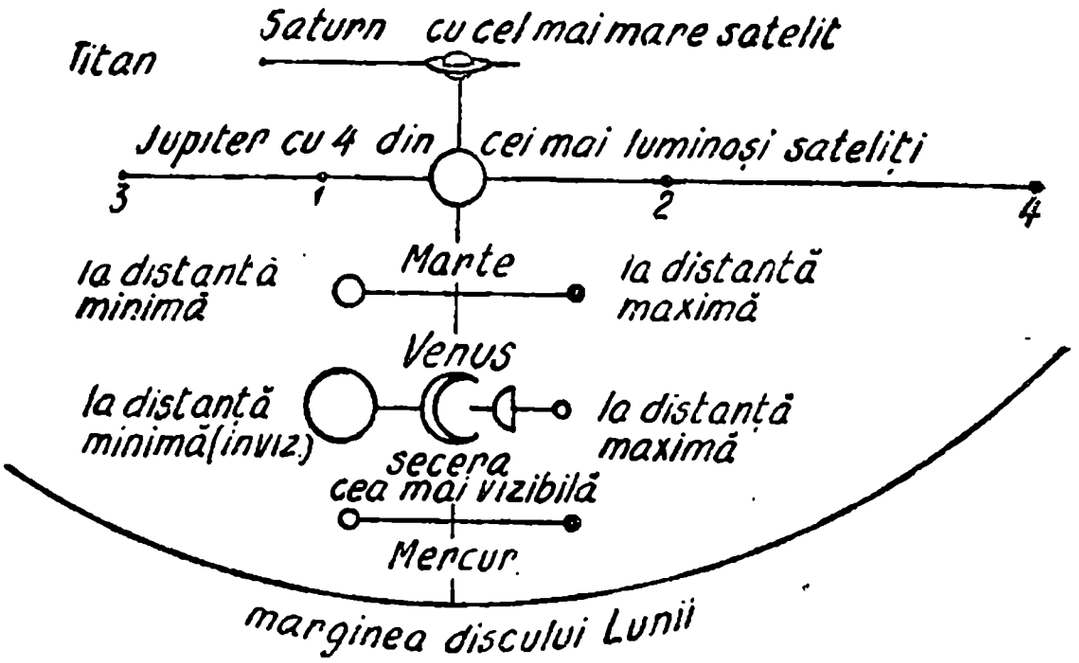


Fig. 129 — Dacă ţinem acest desen la distanţa de 25 cm de ochi atunci discurile planetelor desenate ne apar cu aceleaşi dimensiuni ca şi în cazul cînd sînt văzute cu un telescop care măreşte de 100 de ori.

mărimilor vizibile ale planetelor mărite astfel. Arcul de jos reprezintă marginea discului Lunii (sau Soarelui) văzut cu ajutorul unui telescop care măreşte de 100 de ori. Deasupra lui se află Mercur în poziţia lui cea mai apropiată de Pămînt. Mai sus încă este Venus în diferitele ei faze; în poziţia ei cea mai apropiată de noi, această planetă nu se vede de loc, pentru că este îndreptată spre noi cu partea ei neluminată[1]; apoi se vede ca o seceră îngustă: este cel mai mare dintre toate „discurile“ planetare; în celelalte faze Venus se micşorează şi discul ei complet are un diametru de 6 ori mai mic decît secera-i îngustă.

---

[1] În această fază poate fi văzută numai în acele momente foarte rare cînd se proiectează pe discul Soarelui sub forma unui cerculeţ negru (aşa-zisa *trecere a lui Venus*).

Deasupra lui Venus este reprezentat Marte. În stînga îl vedeţi cînd este cel mai apropiat de Pămînt; aşa ni-l arată un telescop care măreşte de 100 de ori. Ce se poate distinge pe un disc atît de mic? Imaginaţi-vă acelaşi cerculeţ mărit de 10 ori şi vă veţi putea da seama ce anume poate vedea un astronom care foloseşte un telescop puternic cu o mărire de 1 000 de ori. Oare pot fi distinse într-un spaţiu atît de mic cu o certitudine mare amănunte atît de fine ca aşa-zisele „canale" sau pot fi observate micile variaţii de culoare legate, cică, de existenţa unei vegetaţii pe fundul „oceanelor" acestei lumi? Nu este de mirare deci că afirmaţiile unor observatori se deosebesc esenţial de ale altora şi că unii din ei consideră că ceea ce văd distinct ceilalţi nu sînt decît nişte iluzii optice[1].

Uriaşul Iupiter cu sateliţii lui ocupă un loc de seamă în tabela noastră: discul lui este mai mare decît al celorlalte planete (cu excepţia „secerei" lui Venus), iar cei patru sateliţi principali sînt plasaţi pe o linie aproape egală cu jumătate din discul Lunii. Aici Iupiter este reprezentat în poziţia lui cea mai apropiată de Pămînt. În sfîrşit, Saturn cu inelul lui şi cu satelitul lui cel mai mare (Titan) reprezintă de asemenea un obiectiv destul de mare în momentul de apropiere maximă de planeta noastră.

După toate cele arătate mai sus credem că cititorul a înţeles că orice obiect pe care-l vedem ni se pare cu atît mai mic cu cît ni-l imaginăm mai aproape. Şi invers: dacă ne imaginăm dintr-un motiv oarecare că distanţa pînă la obiect este mai mare decît cea reală, atunci şi obiectul ni se va părea mai mare.

Reproducem mai jos povestirea interesantă a lui Edgar Poe în care este descrisă o iluzie optică de acest gen. Cu toate că ea pare nejustificată, nu este totuşi fantastică. Eu însumi am căzut odată jertfă unei asemenea iluzii şi cred că şi mulţi dintre cititori îşi vor aminti întîmplări asemănătoare din viaţa lor.

---

[1] Informaţiile actuale despre Marte şi alte planete nu se limitează doar la datele observaţiilor vizuale. Măsurătorile cu aparate sensibile primit să se tragă concluzii bine definite şi valabile despre condiţiile fizice de pe planete şi sateliţii lor.

SPHINXUL

Povestire de Edgar Poe [1]

„Pe vremea cînd o holeră cumplită împărăţea la New York, o rudă a mea m-a poftit să petrec vreo două săptămîni cu ea în singurătatea elegantei sale vile de pe malul Hudsonului. Ne-ar fi trecut timpul într-un chip destul de plăcut de n-ar fi fost groaznicele veşti care ne soseau în fiece dimineaţă din marele oraş. Nu era zi în care să nu aflăm de moartea vreunui cunoscut. În cele din urmă ne cutremuram la ivirea oricărui mesajer. Pînă şi aerul ce venea dinspre miazăzi ni se părea purtător de moarte. Acest gînd care îngheţa sîngele în vine puse cu totul stăpînire pe sufletul meu. Gazda mea era o fire mai puţin simţitoare şi, deşi foarte abătută, se străduia să-mi susţină moralul.

Către sfîrşitul unei zile din cale-afară de călduroasă, şedeam cu o carte în mînă la o fereastră deschisă, cu vederea dincolo de malurile fluviului pînă la un deal depărtat. Gîndurile îmi rătăceau de multă vreme între cartea pe care o aveam dinainte-mi şi tristeţea şi deznădejdea din oraşul învecinat. Ridicîndu-mi privirile de pe pagină, ele mi-au căzut deodată pe clina golaşă a dealului şi pe încă un amănunt: o dihanie vie, hîdă la chip şi înfăţişare, care-şi tăia drum cu repeziciune de pe culmea dealului pînă la poalele lui şi care a pierit în cele din urmă în pădurea deasă de sub el. Cînd această făptură s-a arătat pentru prima oară privirilor mele, am stat la îndoială dacă sînt în toate minţile sau cel puţin dacă vederile nu mă înşală; şi au trecut mai multe clipe pînă să mă pot încredinţa că nici nebun nu eram şi nici nu visam. Cu toate acestea, teamă mi-e că, descriind monstrul (pe care l-am văzut deslușit şi l-am urmărit în toată voia şi în tot timpul trecerii sale), cititorii vor fi mai greu de convins de adevărul acestor amănunte decît am fost eu însumi.

Căutînd să-mi dau seama de mărimea acelei făpturi după diametrul arborilor falnici pe lîngă care trecea — puţinii

---

[1] *EDGAR ALLAN POE, Scrieri alese în două volume*, vol. 2, Bucureşti, Edit. pentru lit. universală, 1963, pp. 174—178 (*n. t.*). În text s-au făcut unele prescurtări neesenţiale.

uriași ai pădurii care scăpaseră de urgia surpării de pământ —, am socotit că era mai mare decît oricare dintre vasele de război existente. Am zis «vas de război» fiindcă forma monstrului mă făcea să mă gîndesc la aceasta. Carena unei nave de-a

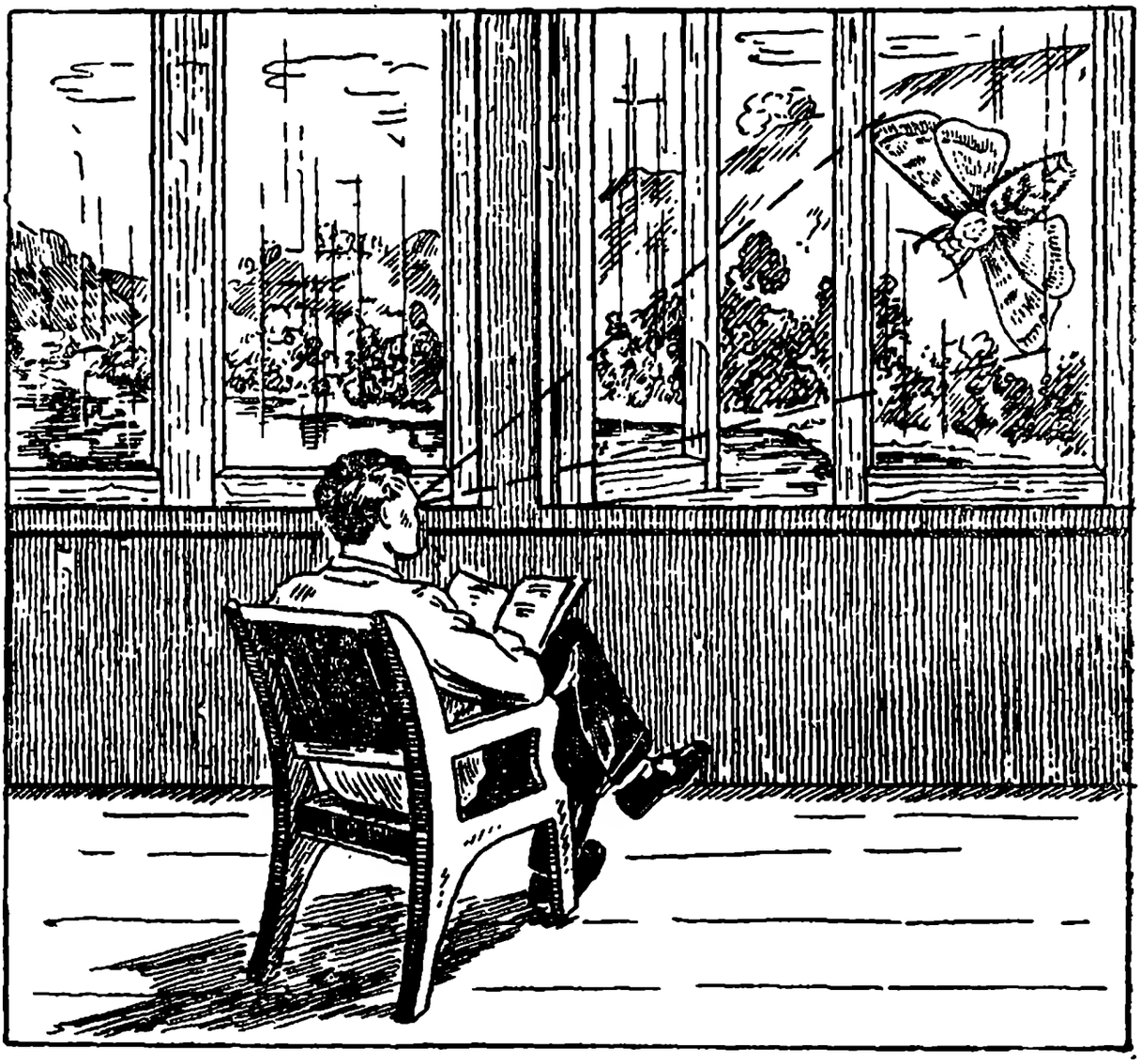


Fig. 130 — „O dihanie vie, care-și tăia drum cu repeziciune de pe culmea dealului..."

noastră, cu șaptezeci și patru de tunuri, poate da o idee apropiată despre conturul lui în totul. Botul animalului era așezat la capătul de unde pornea o trompă cam de șaizeci — șaptezeci de picioare[1] lungime și la fel de groasă ca trupul unui elefant obișnuit. La rădăcina trompei se afla o claie uriașă de păr negru, țepos și zburlit mult mai mult decît ar fi putut să dea pielea a vreo douăzeci de bivoli laolaltă.

[1] Picior, unitate de lungime în Statele Unite ale Americii, egală cu 30 cm (*n. t.*).

ieşind la iveală prin părul acesta, în jos şi în părţi, străluceau doi colţi, cam la fel ca ai mistreţului, dar de dimensiuni mult mai mari. Paralel cu trompa şi de fiecare parte a ei se întindea, depăşind-o, un trunchi uriaş de treizeci-patruzeci de picioare lungime, în forma unei prisme perfecte şi alcătuită parcă numai şi numai din cristal, care oglindea în felul cel mai minunat cu putinţă razele Soarelui de asfinţit. Trompa închipuia un ascuţiş unghiular cu vîrful îndreptat spre pămînt. Monstrul mai era înzestrat cu două perechi de aripi, fiecare din ele avînd cam o sută de picioare lungime, aşezate perechi una deasupra celeilalte, acoperite în întregime cu solzi de metal, fiece solz părînd să aibă un diametru de zece-douăsprezece picioare. Am băgat de seamă că cele două rînduri de aripi erau legate cu un lanţ vîrtos. Dar ciudăţenia cea mai de căpetenie a acelei groaznice lighioane era icoana unui c a p d e m o r t care îi acoperea aproape tot pieptul şi se desprindea atît de lămurit şi strălucitor de alb pe fondul întunecat al corpului, de parcă ar fi fost zugrăvită acolo cu multă grijă de un pictor. Pe cînd mă uitam la acea groaznică dihanie şi mai cu deosebire la semnul ei de pe piept, cu spaimă şi cu moartea în suflet şi cu presimţirea care, în ciuda sforţării minţii mele, era cu neputinţă de stăpînit, că mă paşte o nenorocire, zării deodată cum se deschid fălcile uriaşe de la capătul trompei şi dintre ele izbucni un vaier atît de puternic, atît de sfîşietor şi de jalnic, încît îmi izbi nervii ca un dangăt de clopot funebru. Şi cînd monstrul se făcu nevăzut la poalele dealului, am căzut deodată leşinat pe podea.

Venindu-mi în fire, bineînţeles că întîia mea dorinţă a fost să-i împărtăşesc prietenului cele ce le-am văzut şi auzit. M-a ascultat pînă la capăt — la început a rîs din toată inima şi a luat apoi o înfăţişare mai mult decît îngrijorată, ca şi cum nebunia mea ar fi fost un lucru ce nu putea fi pus la îndoială. În clipa aceea am avut din nou vedenia clară a monstrului, către care i-am îndreptat pe loc atenţia cu un ţipăt de nemaipomenită groază. S-a uitat cu înfrigurare, dar a susţinut mereu că nu vede nimic, cu toate că îi descriam cu de-amănuntul mersul dihaniei aşa cum cobora clina goală a dealului.

Timp de cîteva clipe mi-am ascuns faţa în palme. Cînd mi-am luat mîinile de la ochi, arătarea nu mai era acolo.

Gazda îmi punea întrebări foarte amănunțite despre înfățișarea făpturii care mi se nălucise. După ce l-am mulțumit pe deplin în această privință, suspină adînc, ca și cum s-ar fi ușurat de o grea povară, se îndreptă spre un dulap cu cărți și scoase de acolo o carte oarecare de științe naturale. Cerîndu-mi apoi să ne schimbăm locurile între noi, ca să poată citi mai bine literele mărunte ale volumului, își trase fotoliul meu la fereastră și, deschizînd cartea, începu din nou a vorbi cam pe același ton ca mai înainte:

— Fără descrierea ta atît de amănunțită asupra monstrului niciodată n-aș fi fost în măsură să-ți dovedesc ce e cu el. Dar mai întîi lasă-mă să-ți citesc un text pentru școlari cu privire la genul Sphinx din familia Crepuscularia din ordinul Lepidopterelor din clasa Insecta sau insecte. Iată ce spune acest capitol: «Patru aripi membranoase acoperite cu solzi mici colorați, cu înfățișare metalică, gura formînd o trompă răsucită, produsă de alungirea fălcilor, pe laturile cărora se află urme de mandibule și organe de pipăit inferioare. Aripile de jos legate de cele de sus printr-un păr țepos; antenele în formă de baghete prismatice, alungite; abdomenul umflat. Sphinxul cu cap de mort a prilejuit uneori multă spaimă printre oamenii de rînd din pricina unui soi de țipăt melancolic pe care-l scoate și a semnului de moarte pe care-l poartă pe corsajul său».

Aici el închise cartea și se aplecă în jeț, așezîndu-se întocmai în poziția pe care o ocupasem eu în clipa cînd zărisem «dihania».

— Ah! Iată-l, strigă el deodată. Se urcă din nou pe povîrnișul dealului și recunosc că este o făptură cu totul deosebită. Cu toate acestea, nu e de fel atît de uriaș ori de îndepărtat cum ți l-ai închipuit... Căci, la drept vorbind, așa cum înaintează el pe acel fir pe care vreun păianjen l-a țesut de-a lungul ferestrei, mi se pare că ar avea cam a șaisprezecea parte dintr-un țol[1] în lungime și se află la o depărtare cam de a șaisprezecea parte dintr-un țol de lumina ochiului meu".

---

[1] Țol, unitate de lungime egală cu 25 mm (*n. t.*).

„Pentru că el face să devieze într-un anumit fel mersul razelor, aşa cum se descrie în manualele de fizică", iată ce auzim de cele mai multe ori drept răspuns la această întrebare. Dar în acest răspuns nu este arătată decît o cauză secundară, fără a se sublinia esenţa fenomenului. În ce constă deci principala cauză a acţiunii de mărire a microscopului şi telescopului?

Eu nu am aflat-o din manuale, ci am descoperit-o în mod întîmplător, cînd, fiind încă elev, am observat odată un fenomen foarte curios care m-a pus pe gînduri. Stăteam la fereastra închisă şi priveam zidul de cărămidă al casei din faţă de care mă despărţea o străduţă îngustă. Deodată m-am retras înspăimîntat: de pe peretele de cărămidă mă privea — vedeam atît de clar! — un ochi omenesc uriaş, cu lăţimea de cîţiva metri ... Pe atunci nu citisem încă povestirea de mai sus a lui Edgar Poe şi de aceea nu mi-am dat seama imediat că uriaşul ochi era imaginea ochiului meu propriu, imagine pe care o proiectam pe peretele îndepărtat şi de aceea mi-l imaginam mărit în mod corespunzător.

Dîndu-mi seama de cauza fenomenului relatat mai sus, m-am gîndit dacă nu s-ar putea construi un microscop bazat pe această iluzie optică. Şi iată, atunci cînd încercarea mea a eşuat, am înţeles în ce constă esenţa acţiunii de mărire a microscopului: nu este vorba de loc de faptul că obiectul examinat pare de dimensiuni mai mari, ci de faptul că el este văzut de noi s u b u n u n g h i v i z u a l m a i m a r e şi, prin urmare — şi lucrul acesta este cel mai important —, imaginea lui ocupă m a i m u l t l o c p e r e t i n a o c h i u l u i n o s t r u.

Pentru a înţelege de ce unghiul vizual are aici o importanţă atît de mare, trebuie să ne amintim o proprietate foarte importantă a ochiului nostru: orice obiect sau orice parte a acestuia, care este perceput sub un unghi mai mic decît un minut unghiular, se contopeşte pentru un ochi normal î n t r - u n p u n c t, în care nu distingem nici forma, nici părţile componente. Cînd obiectul este atît de depărtat de ochi sau atît de mic încît este perceput, în întregime sau în anumite părţi ale lui, sub un unghi mai mic de 1′,

atunci încetăm să mai distingem amănuntele constituției lui. Aceasta se întîmplă pentru că, în condițiile unui astfel de unghi vizual, imaginea obiectivului obținută pe fundul ochiului (sau imaginea unei părți componente a obiectului) nu cuprinde dintr-o dată o mulțime de terminații nervoase din retină, ci se plasează în întregime pe un singur element senzitiv: atunci dispar amănuntele formei și structurii și nu vedem decît un p u n c t.

Rolul microscopului și al telescopului constă în aceea că, făcînd să devieze drumul razelor venite de la obiectul examinat, ele ni-l arată sub un unghi vizual mai mare; imaginea de pe retină se extinde, cuprinde mai multe terminații nervoase și începem să distingem deja acele amănunte ale obiectivului care mai înainte se contopeau într-un punct. „Microscopul sau telescopul mărește de 100 de ori", aceasta înseamnă că el ne arată obiectele sub un unghi vizual de 100 de ori mai mare decît privite fără instrument. Dacă însă instrumentul optic nu mărește unghiul vizual, atunci e l n i c i n u m ă r e ș t e, c h i a r d a c ă n i s e p a r e c ă v e d e m o b i e c t e l e m ă r i t e. Ochiul de pe zidul de cărămidă mi se părea uriaș, dar nu vedeam în el n i c i u n a m ă n u n t î n p l u s față de ceea ce văd privind în oglindă. Luna, cînd se află jos, aproape de orizont, ni se pare mult m a i m a r e decît atunci cînd se află sus pe bolta cerească, dar observăm noi oare măcar o pată cît de mică în plus?

Dacă ne întoarcem la cazul descris de Edgar Poe în povestirea *Sphinxul*, ne vom convinge de faptul că aici pe obiectul mărit nu s-au observat amănunte noi. Unghiul vizual a rămas același, fluturele este văzut sub același unghi, fie că-l ducem departe în pădure, fie că el se află aproape de cadrul ferestrei. Dacă însă nu se schimbă unghiul vizual, atunci mărirea obiectului, oricît ne-ar uimi ea, nu-i dezvăluie observatorului nici un amănunt nou. Ca un adevărat artist, Edgar Poe este credincios realității chiar și în acest punct al povestirii noastre. Ați observat cum descrie el „monstrul" din pădure: enumerarea diferitelor părți componente ale insectei nu cuprinde nici o trăsătură nouă în comparație cu felul în care apare „capul de mort" cînd este privit cu ochiul liber. Comparați cele două descrieri — ele sînt date în povestire în mod intenționat — și vă veți convinge de fap-

tul că ele diferă doar prin expresiile folosite, dar nu găsim în prima descriere nici un fel de amănunte noi care nu au putut fi distinse de ochiul liber.

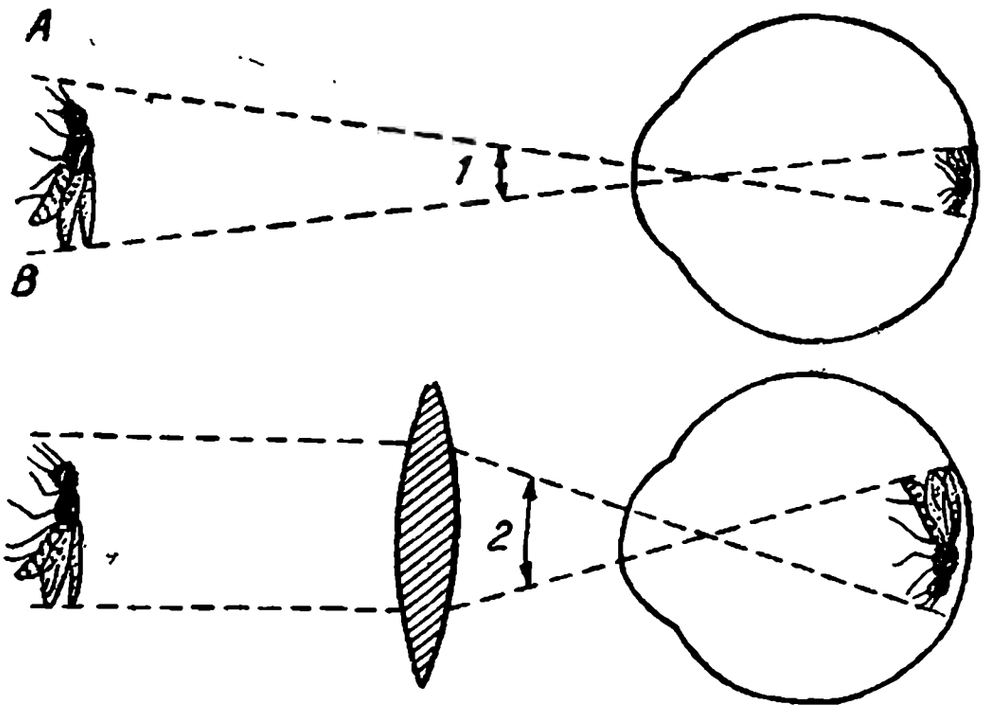


Fig. 131 — Lentila mărește imaginea pe retina ochiului.

Dacă rolul microscopului ar fi constat doar într-o a s t - f e l de mărire, atunci el ar fi fost lipsit de orice utilitate pentru știință, transformîndu-se cel mult într-o jucărie interesantă. Dar noi știm că lucrurile stau altfel, că microscopul i-a dezvăluit omului o lume nouă, lărgind mult limitele vederii noastre naturale.

„Deși natura ne-a dat un ochi ager,
El își are limitele foarte restrînse.
Mai sînt multe vietăți pe care nu le poate percepe,
Statura mică ascunzîndu-le vederii noastre“,

scria primul nostru naturalist Lomonosov în *Scrisoare despre utilitatea sticlei*. Dar și în „vremurile noastre“ microscopul ne-a dezvăluit structura unor ființe minuscule, invizibile cu ochiul liber.

„Cît de subțiri sînt membrele lor,
articulațiile, inima, tendoanele
Și nervii ce poartă-n ei forțele vitale!
Micuțul vierme ne uimește prin structura lui

Tot atît cît și o balenă în abisul apelor ...
Ce multe-s tainele de microscop dezvăluite
Asupra elementelor invizibile și a fibrelor
subțiri din trup!"

Putem acum să ne dăm seama pe deplin clar de ce anume microscopul ne dezvăluie „tainele" pe care nu le-a observat la fluturele monstru observatorul din povestirea lui Edgar Poe: pentru că, în concluzie, microscopul nu ne arată numai obiectele mărite, ci sub un unghi vizual mai mare; în consecință, pe fundul ochiului nostru apare imaginea mărită a obiectului, care acționează asupra unui număr mai mare de terminații nervoase, oferindu-i astfel conștiinței noastre un număr mai mare de senzații vizuale. Vorbind pe scurt, microscopul mărește nu obiectele, ci imaginea lor formată pe fundul ochiului.

ILUZIILE OPTICE

Spunem adesea că „ne-a înșelat văzul", „ne-a înșelat auzul", dar nu avem dreptate. Simțurile nu ne înșală. Filozoful Kant a spus bine că: „Simțurile nu ne înșală, — și aceasta nu pentru că ele judecă corect, ci pentru că nu judecă de loc".

Ce ne înșală deci în astfel de ocazii? Bineînțeles că ceea ce judecă în cazul de față, adică propriul nostru creier. Într-adevăr, majoritatea iluziilor optice depind exclusiv de faptul că noi nu numai că vedem dar și judecăm inconștient, inducîndu-ne fără voie în eroare. Sînt deci iluzii ale judecății și nu ale senzațiilor.

Încă acum două mii de ani poetul antichității Lucretiu scria:

„Ochii noștri nu știu să cunoască natura obiectelor
De aceea nu le atribui rătăcirile rațiunii".

Să luăm un exemplu binecunoscut de iluzie optică: figura din stînga (fig. 132) pare mai îngustă decît cea din dreapta,

deşi ambele se încadrează cu stricteţe în două pătrate egale. Cauza constă în aceea că noi apreciem înălţimea figurii din stînga ca un rezultat al adunării inconştiente a diferitelor intervale şi de aceea ea ni se pare mai mare decît

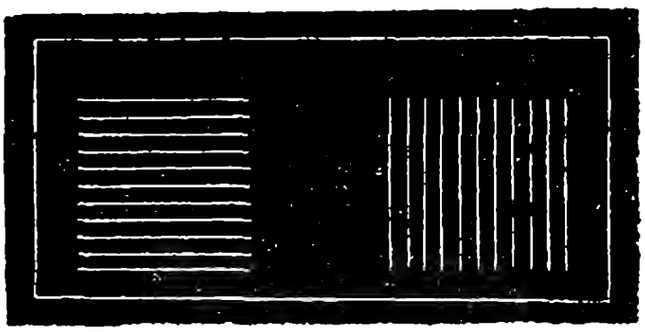


Fig. 132 — Care din imagini este mai lată — cea din dreapta sau cea din stînga?

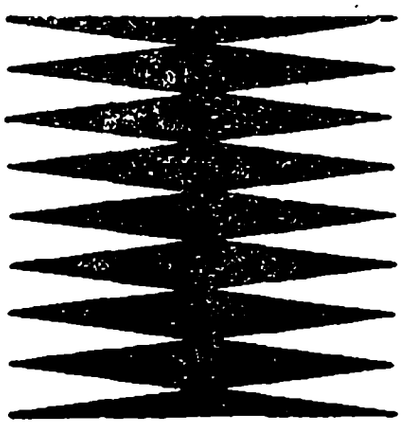


Fig. 133 — Ce este mai mare în această imagine — înălţimea sau lăţimea?

lăţimea egală a aceleiaşi figuri. Dimpotrivă, la figura din dreapta, ca rezultat al aceleiaşi judecăţi inconştiente, lăţimea ni se pare mai mare decît înălţimea. Din aceeaşi cauză înălţimea imaginii din figura 133 ni se pare mai mare decît lăţimea ei.

O ILUZIE UTILĂ PENTRU CROITORI

Dacă vreţi să aplicaţi iluzia optică descrisă mai sus la figuri mai mari care nu pot fi cuprinse dintr-o dată cu ochiul, atunci aşteptările dumneavoastră nu vor fi justificate. Ştim cu toţii că un om mic de statură şi gras, îmbrăcat într-un costum cu dungi transversale, pare şi mai gras. Dimpotrivă, oamenii graşi, îmbrăcaţi în haine cu dungi şi pliuri verticale, îşi pot masca întrucîtva această grăsime.

Cum se explică această contradicţie? Prin faptul că, privind un astfel de costum, noi nu-l putem cuprinde cu privirea dintr-o dată fără a ne mişca ochii. Involuntar ne purtăm privirea de-a lungul dungilor; efortul muşchilor ochiului ne

face să supraapreciem involuntar dimensiunile obiectului în direcţia dungilor. Ne-am obişnuit să legăm de efortul muşchilor ochiului impresiile noastre despre obiectele mari care nu încap în cîmpul vizual. Atunci însă cînd privim un desen mic în dungi, ochii ne rămîn nemişcaţi şi muşchii lor nu obosesc.

CE ESTE MAI MARE?

Care dintre elipsele din figura 134 este mai mare: cea de jos sau cea interioară, de sus? Este greu să renunţăm la iluzia că cea de jos este mai mare decît cea de sus. Şi, totuşi, a m b e l e s î n t e g a l e şi numai prezenţa elipsei exterioare creează iluzia că elipsa pe care o încadrează este mai mică decît cea de jos. Iluzia este sporită şi de faptul că, în ansamblul ei, figura nu apare ca plană, ci ca una în spaţiu, ca un fel de găleată: fără să vrem, transformăm elipsele în nişte cercuri turtite în perspectivă, iar liniile drepte laterale în pereţii găleţii.

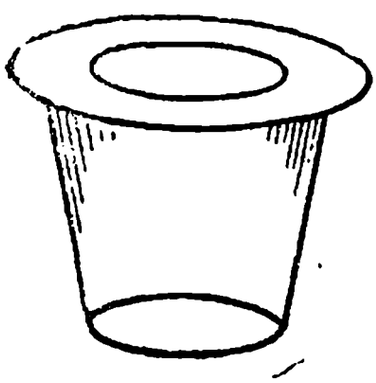


Fig. 134 — Care dintre elipse este mai mare — cea de jos sau cea interioară, de sus?

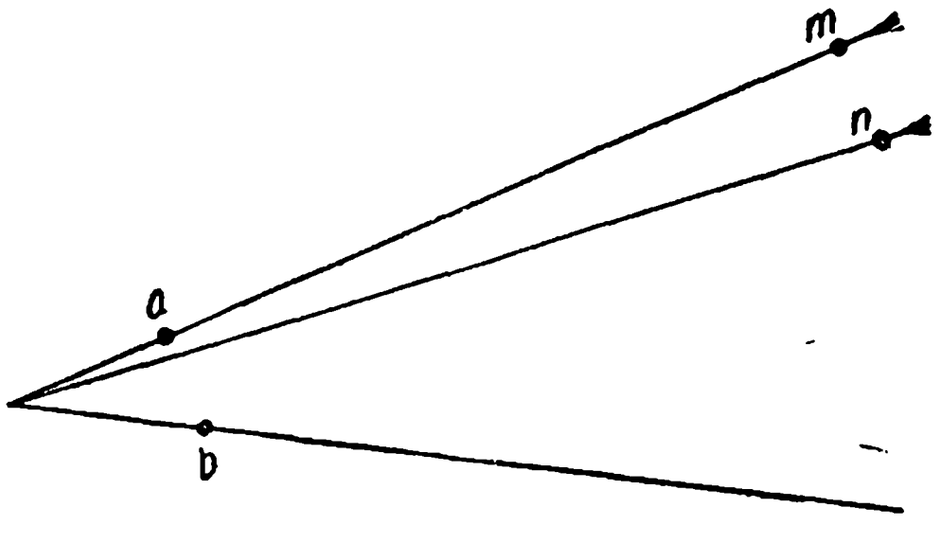


Fig. 135 — Ce distanţă este mai mare — *ab* sau *mn*?

În figura 135 distanţa dintre punctele *a* şi *b* pare mai mare decît cea dintre punctele *m* şi *n*. Prezenţa celei de-a treia drepte, care pleacă din acelaşi vîrf, intensifică iluzia.

După cum s-a mai arătat, majoritatea iluziilor optice depinde de faptul că noi nu p r i v i m numai, ci r a ț i o n ă m în mod inconștient. „Noi nu privim cu ochii, ci cu creierul", spun. fiziologii. Veți fi de acord cu această afirmație îndată ce veți face cunoștință cu iluziile în care imaginația celui ce privește participă c o n ș t i e n t la procesul vederii.

Priviți figura 136. Dacă veți arăta această figură și altora, veți primi trei genuri de răspunsuri la întrebarea: ce anume reprezintă ea? Unii vor spune că este o scară, alții o nișă în perete, iar alții vor vedea în ea o bandă de hîrtie împăturită ca o „armonică" și întinsă apoi oblic în cîmpul unui pătrat alb.

Oricît de curios ar părea, toate cele trei răspunsuri sînt juste! Puteți vedea și dumneavoastră cele trei obiecte enumerate dacă, privind desenul, vă veți îndrepta asupra lui privirea în mod diferit. Și anume, examinînd desenul, încercați înainte de toate să vă îndreptați privirea spre partea lui s t î n g ă: veți vedea o scară. Dacă privirea dumneavoastră va luneca peste desen din dreapta spre stînga, veți vedea o nișă. Dacă privirea va luneca pe diagonala din colțul de jos din dreapta spre cel de sus din stînga, veți vedea o bandă de hîrtie pliată „în armonică".

Dacă însă, după o examinare mai îndelungată a desenului, atenția dumneavoastră va obosi, atunci veți vedea alter-

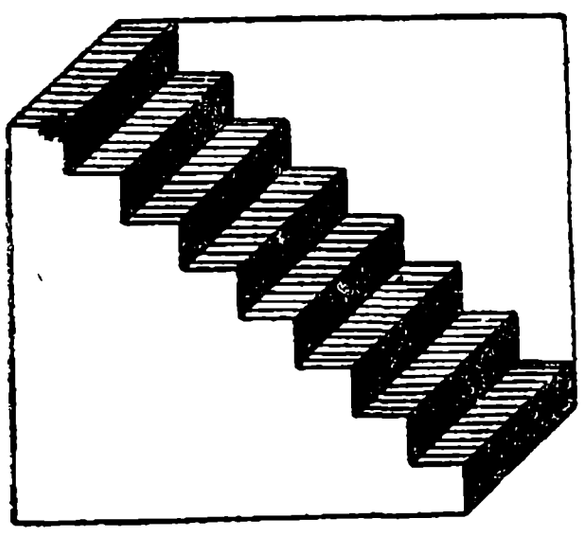


Fig. 136 — Ce vedeți aici — o scară, o nișă, sau o bandă de hîrtie împăturită „în armonică"?

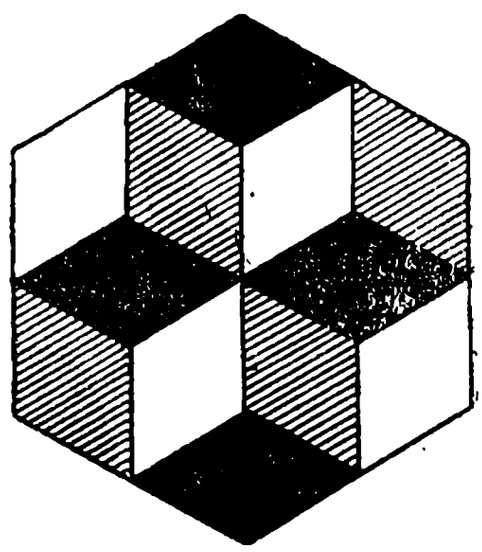


Fig. 137 — Cum sînt așezate aici cuburile? Unde sînt două cuburi — sus sau jos?

nativ cele trei imagini independent de dorința dumneavoastră.

Figura 137 prezintă aceleași particularități.

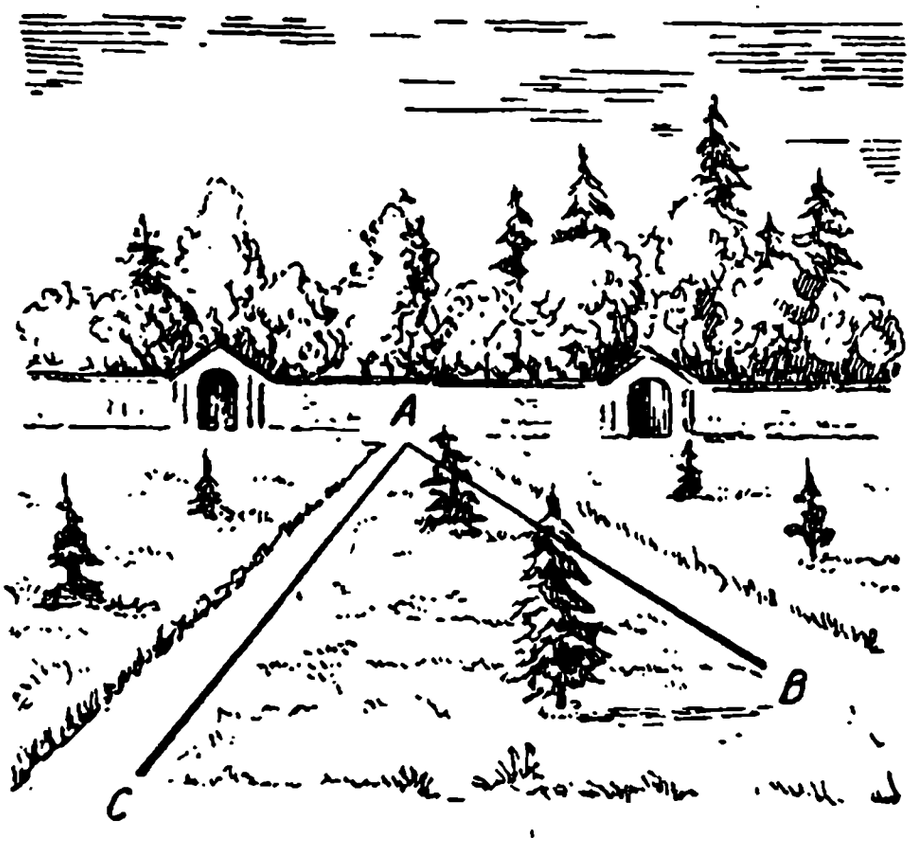


Fig. 138 — Ce este mai lung: AB sau AC?

Este interesantă și iluzia din figura 138: fără să vrem, ne lăsăm furați de impresia că distanța AB este mai scurtă decît AC. Dar ele sînt egale.

ÎNCĂ O ILUZIE OPTICĂ

Dar nu toate iluziile optice pot fi explicate. Adesea nici nu ne putem da seama ce raționamente inconștiente care au loc în creierul nostru condiționează o anumită iluzie optică. În figura 139 se văd clar două segmente de arc așezate față în față cu convexitățile lor. Nici măcar nu ne îndoim de acest fapt. Dacă însă așezăm o riglă pe aceste arce aparente sau privim în lungul lor, ținînd figura la nivelul ochilor, ne vom convinge de faptul că ele sînt rectilinii. Explicația acestei iluzii nu este chiar atît de simplă.

Mai arătăm cîteva exemple de iluzii de același gen. În figura 140, dreapta pare împărțită în segmente inegale; măsurîndu-le, vă veți convinge de faptul că segmentele sînt egale.

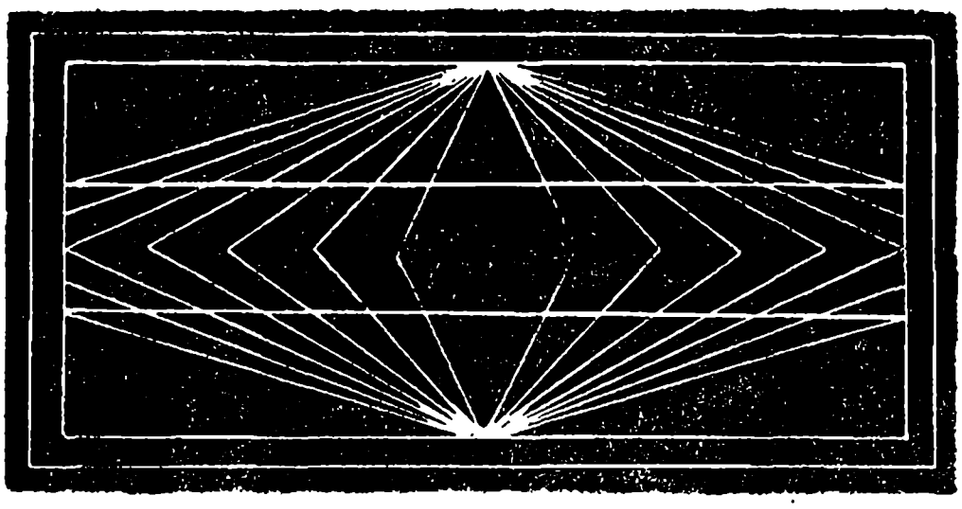


Fig. 139 — Cele două linii din mijloc, care merg de la dreapta spre stînga, sînt drepte paralele, deși par arce așezate cu convexitățile față în față. Iluzia dispare: 1 — dacă, ridicînd figura la nivelul ochilor, o privim astfel încît privirea să lunece de-a lungul liniilor; 2 — dacă, plasînd vîrful creionului într-un punct oarecare al figurii, concentrăm privirea asupra acestui punct.

În figurile 141 și 142, dreptele paralele apar ca neparalele. În figura 143 cercul face impresia de oval.

Este interesant faptul că iluziile optice reprezentate în figurile 140, 141 și 142 încetează să ne mai înșele ochiul dacă

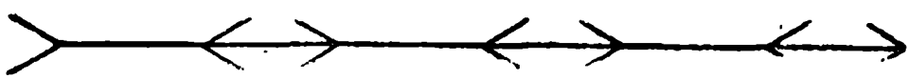


Fig. 140 — Această dreaptă este împărțită în șase segmente egale?

sînt privite în lumina unei scîntei electrice. Este evident că aceste iluzii sînt legate de mișcarea ochilor: la o străfulgerare scurtă a scînteii, o astfel de mișcare nu are timp să se producă.

Iată încă o iluzie interesantă. Priviți figura 144 și spuneți care dintre linioare sînt mai lungi: cele din stînga sau cele din dreapta.

Primele par mai lungi, deşi atît unele, cît şi celelalte sînt absolut egale[1]. Această iluzie se numeşte „pipă".

S-au propus multe explicaţii ale acestor iluzii curioase, dar ele sînt puţin convingătoare şi de aceea nu le dăm aici.

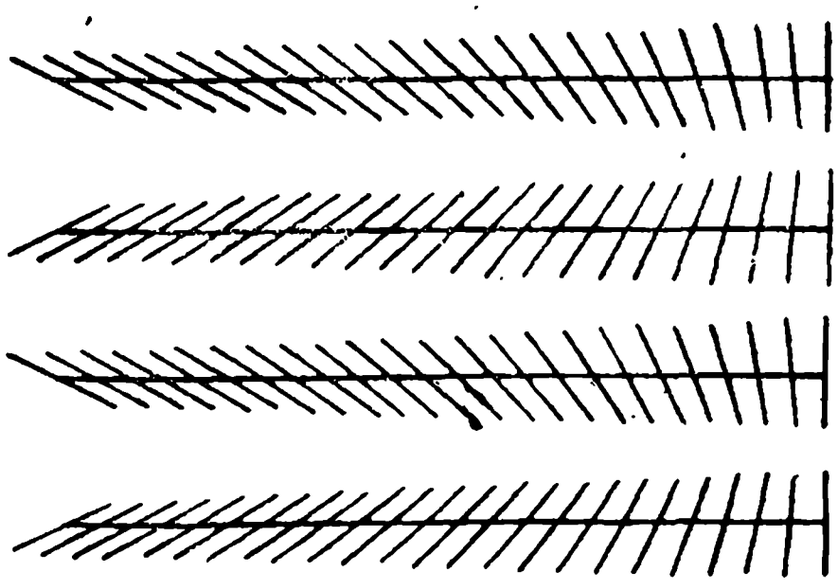


Fig. 141 — Dreptele paralele par neparalele.

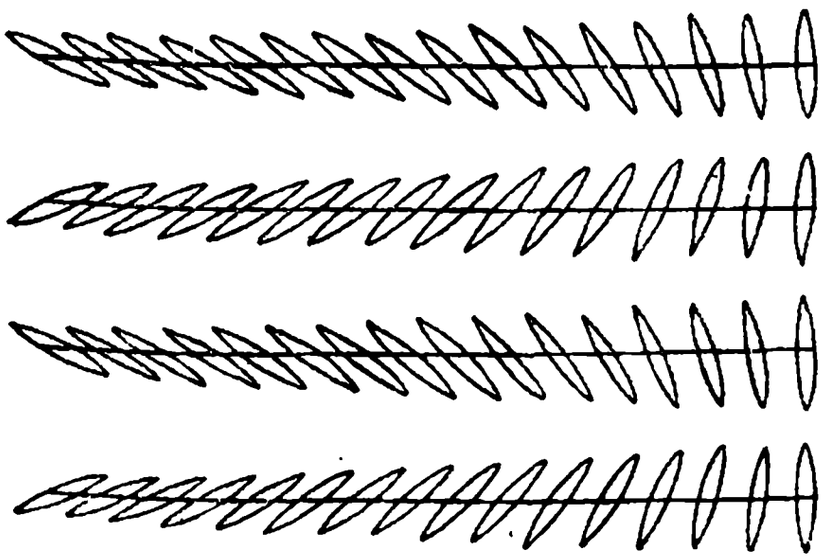
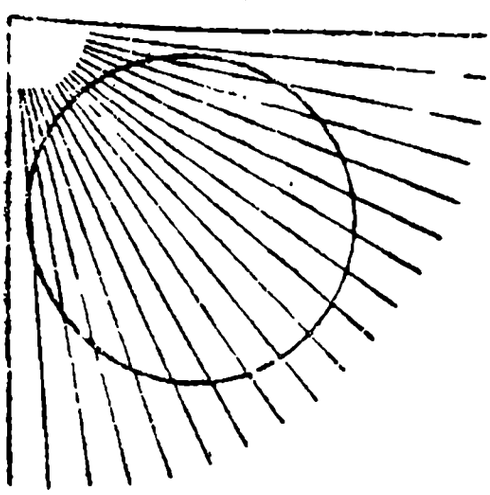


Fig. 142 — Variante ale iluziilor din figura 141.



← Fig. 143 — Este acesta un cerc?

Fig. 144 — Iluzia „pipei". Linioarele din dreapta par mai scurte decît cele din stînga, egale ca lungime

[1] Desenul este o ilustrare a următorului principiu geometric cunoscut: suprafeţele ocupate de ambele părţi ale „pipei" sînt egale.

Pare-se că una dintre ele este incontestabilă: cauza acestor iluzii se ascunde în raţionamentul inconştient, în „judecata şireată“, involuntară, a creierului, care ne împiedică să vedem ceea ce este în realitate.

CE ESTE ACEASTA?

Privind figura 145, nu veţi ghici dintr-o dată ce anume reprezintă ea. „Pur şi simplu o reţea neagră şi nimic altceva“ veţi spune dumneavoastră. Dar aşezaţi cartea vertical pe masă, depărtaţi-vă cu 3—4 paşi şi priviţi de acolo. Veţi vedea un o c h i omenesc. Apropiaţi-vă şi ... aveţi în faţă din nou o reţea care nu reprezintă nimic.

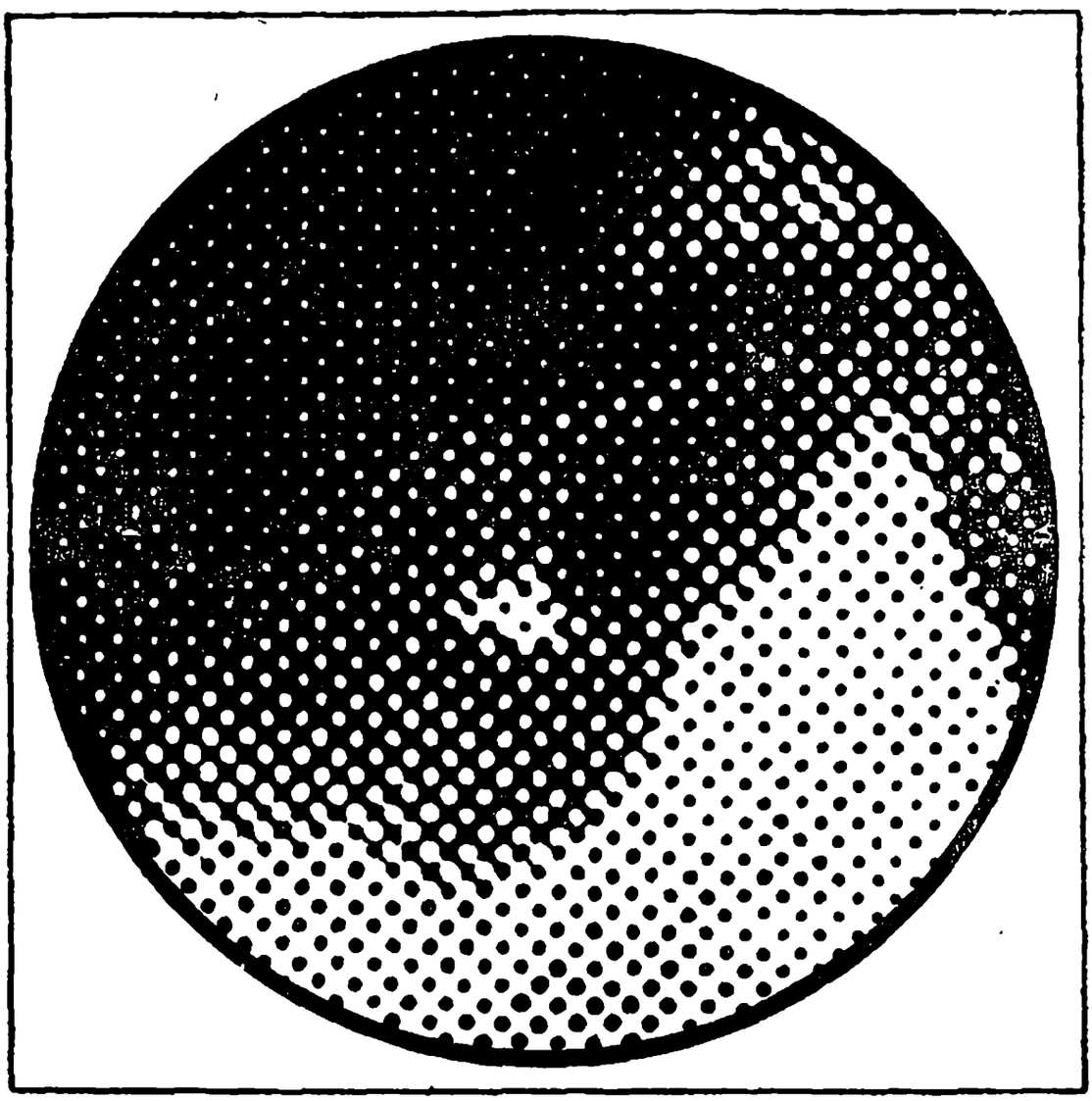


Fig. 145 — Privind această reţea de la distanţă distingeţi cu uşurinţă un ochi şi o parte din profilul unei femei, îndreptat spre dreapta.

Veţi crede, desigur, că este vorba de un „truc“ abil al vreunui gravor inventiv. Nu, este doar un exemplu de iluzia optică ce ne induce în eroare atunci cînd privim aşa-numitele ilustraţii „alb-negru“, sau „autotipii“. În cărţi şi în reviste, fondul desenului ni se pare totdeauna compact; priviţi-l însă prin lupă şi veţi avea în faţa dumneavoastră o reţea asemănătoare celei din figura 145. Acest desen care v-a pus pe gînduri nu este altceva decît o porţiune dintr-o ilustraţie „alb-negru“ obişnuită, mărită de 10 ori. Deosebirea constă doar în aceea că, atunci cînd reţeaua este micşorată, ea se contopeşte într-un singur fond chiar la o distanţă mică — la distanţa la care ţinem de obicei cartea atunci cînd citim. Cînd însă reţeaua este mare, atunci contopirea are loc la distanţă mare. Cititorul va înţelege cu uşurinţă cele spuse dacă-şi va aminti discuţiile noastre despre unghiul vizual.

ROŢI NEOBIŞNUITE

Vi s-a întîmplat să urmăriţi prin crăpăturile dintr-un gard sau, mai bine, pe ecranul unui cinematograf mişcarea roţilor unei căruţe sau ale unui automobil care se deplasează rapid? Probabil că aţi observat şi dumneavoastră următorul fenomen ciudat: automobilul goneşte pe şosea, în timp ce roţile abia se rotesc sau nu se rotesc de loc. Mai mult chiar: uneori ele se rotesc în sens invers!

Această iluzie optică este atît de neobişnuită, încît provoacă nedumerirea celor care o văd pentru prima dată.

Ea se explică în modul următor. Urmărind rotirea roţii prin crăpăturile gardului (deplasîndu-ne privirea de-a lungul gardului) noi nu vedem aceste roţi continuu, ci la intervale de timp egale, pentru că scîndurile le acoperă succesiv. Tot astfel şi pelicula cinematografică imprimă imaginea roţilor în anumite momente, cu întreruperi (24 de cadre pe secundă). Aici sînt posibile trei c a z u r i, pe care le analizăm mai jos.

Mai întîi se poate întîmpla ca în intervalul de întrerupere roata să f a c ă u n n u m ă r întreg de rotaţii

— indiferent cîte: 2 sau 20—, dar este vorba de un număr întreg. Atunci în noul cadru spiţele roţilor vor ocupa aceeaşi poziţie ca în cadrul precedent. În intervalul de timp următor, roata va efectua din nou un număr î n t r e g de rotaţii (mărimea intervalului şi viteza automobilului sînt constante) şi poziţia spiţelor este aceeaşi. Văzînd mereu aceeaşi poziţie a spiţelor, noi tragem concluzia că roata este imobilă (coloana din mijloc a figurii 146).

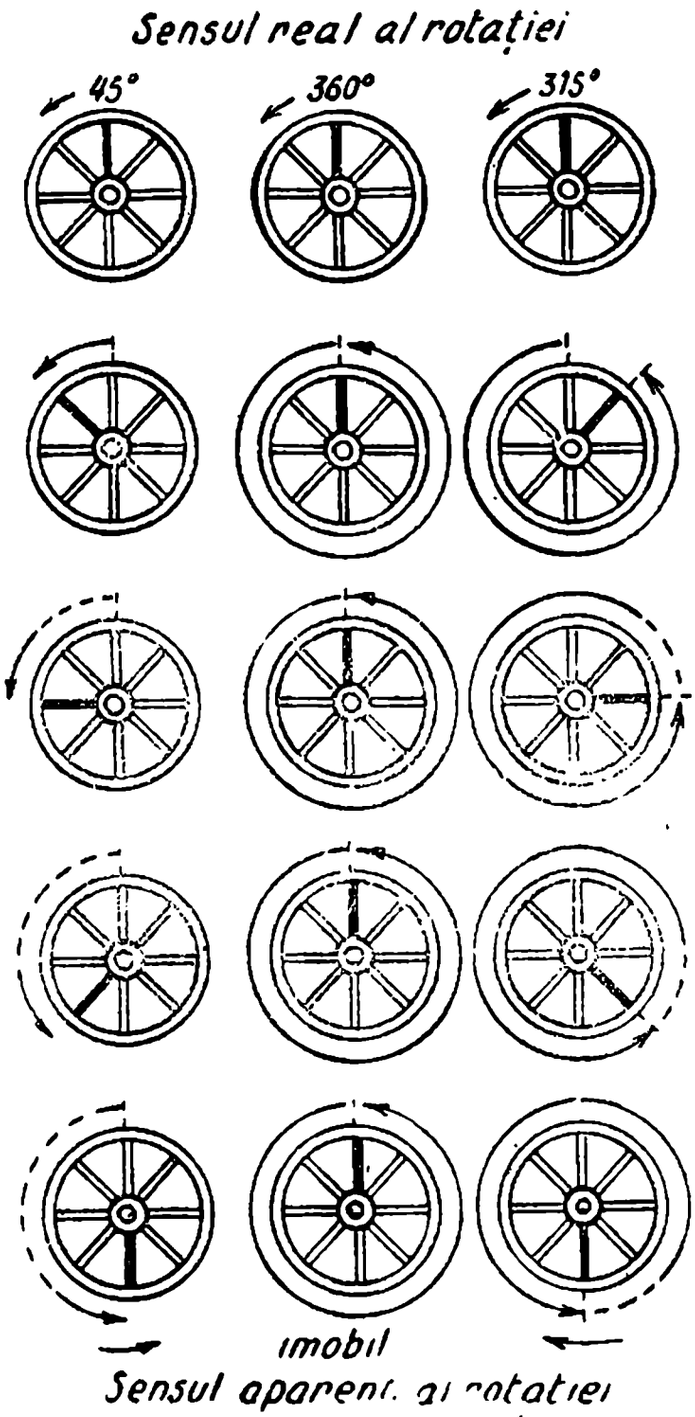


Fig. 146 — Cauza rotirii curioase a roţilor pe ecranul cinematografului.

Al doilea caz: în fiecare rvalin'e de timp roata reuşeşte să efectueze un număr întreg de rotaţii şi încă o p a r t e m i c ă d i n r o t a ţ i e. Urmărind succesiunea acestor imagini, noi nu ne vom da seama că au fost efectuate şi rotaţii întregi şi vom vedea numai o rotire lentă a roţii (de fiecare dată cu o părticică de turaţie întreagă). Ca rezultat ni se va părea că, deşi automobilul se deplasează repede, roţile se mişcă încet.

Cazul al treilea: în intervalul de timp dintre imprimarea a două cadre, roata efectuează o rotaţie incompletă, care diferă doar cu puţin de cea completă (de exemplu se roteşte cu 315°, ca în coloana a treia din figura 146). Atunci o anumită spiţă face impresia că se învîrteşte î n s e n s i n v e r s. Această iluzie optică va dura pînă cînd se schimbă viteza de rotaţie a roţilor.

Rămîne să mai facem mici completări la explicaţia noastră. În primul caz, pentru a simplifica, vorbeam despre

rotaţii complete ale roţii; deoarece însă spiţele seamănă una cu alta, este suficient ca roata să-şi schimbe poziţia cu un număr întreg de intervale dintre spiţe. Acelaşi lucru este valabil şi pentru celelalte cazuri.

Sînt posibile şi unele curiozităţi. Dacă pe obada roţii există un semn, iar spiţele seamănă între ele, se întîmplă să urmărim cum obada se deplasează într-un sens, iar spiţele în sensul invers. Dacă însă punem un semn pe o spiţă, atunci se poate întîmpla ca spiţele să se deplaseze în sens invers faţă de deplasarea semnului, care parcă sare de pe o spiţă pe alta.

Cînd sînt reprezentate în cinematograf scene obişnuite, atunci această iluzie nu prejudiciază firescului imaginii. Dacă însă se încearcă pe ecran explicarea funcţionării unui mecanism oarecare, atunci această iluzie optică poate dăuna foarte mult şi va împiedica corecta înţelegere a modului de lucru al maşinii.

Un spectator atent, văzînd pe ecran roata imobilă a unui automobil care goneşte pe şosea cu toată viteza, va putea să-şi dea seama cu uşurinţă cam cîte rotaţii face această roată, numărîndu-i spiţele. Viteza obişnuită de filmare este de 24 cadre pe secundă. Dacă numărul de spiţe ale roţii de automobil este 12, atunci numărul de rotaţii pe secundă este 24 : 12, adică 2, sau cîte o rotaţie completă într-o jumătate de secundă. Acesta este numărul minim de rotaţii; el poate să fie şi de un număr de ori întreg mai mare (de două, de trei ş.a.m.d. ori). Evaluînd mărimea diametrului roţii, se poate trage o concluzie şi cu privire la viteza de deplasare a automobilului. De exemplu, cînd diametrul roţii este de 80 cm, atunci, în cazul examinat, obţinem o viteză de aproximativ 18 km pe oră (sau 36 km pe oră, sau 54 km pe oră etc.).

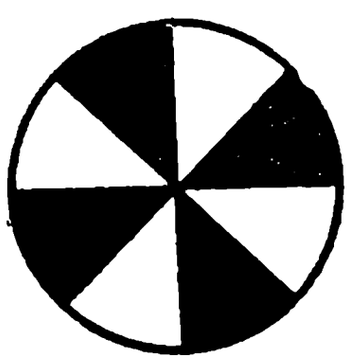


Fig. 147 — Discul pentru determinarea vitezei de rotaţie a motorului.

Iluzia optică examinată mai sus este folosită în tehnică pentru a calcula numărul de rotaţii ale arborilor ce se rotesc rapid. Să explicăm pe ce se bazează această metodă. Intensitatea luminii unui bec alimentat cu curent alternativ nu rămîne constantă; după fiecare sutime de secundă lumina slăbeşte, deşi în condiţii obişnuite noi nu observăm aceste variaţii. Dar să ne ima-

ginăm că un astfel de bec luminează un disc rotitor, ca cel reprezentat în figura 147. Dacă discul se rotește astfel încît efectuează 1/4 de rotații într-o sutime de secundă, atunci se petrece ceva neașteptat: în locul unui cerc obișnuit cenușiu, ochiul va percepe sectoare negre și albe, ca și cum discul ar rămîne nemișcat.

Cred că cititorul a înțeles cauza fenomenului după ce a analizat mai sus iluzia cu roțile de automobil. Este ușor de ghicit de asemenea cum poate fi folosit acest fenomen pentru calculul turațiilor unui ax aflat în mișcare de rotație.

„MICROSCOPUL TIMPULUI" ÎN TEHNICĂ

Știm de acum că atunci cînd discul cu sectoare negre (fig. 147), care face 25 de turații pe secundă, este luminat de 100 de scînteieri pe secundă, el este perceput de ochi ca imobil. Imaginați-vă însă că numărul de scînteieri ale luminii a devenit 101 pe secundă. În intervalul dintre aceste luminări succesive, discul nu va reuși să se rotească, ca mai înainte, cu un sfert de rotație și, prin urmare, sectorul respectiv nu va mai reuși să-și ocupe poziția inițială.

Ochiul îl va vedea rămas în urmă cu o sutime de cerc. La următoarea străfulgerare, el va apărea rămas în urmă cu încă o sutime de cerc ș.a.m.d. Ni se va părea că discul se rotește î n a p o i, făcînd o rotație pe secundă. Mișcarea a încetinit de 25 de ori.

Nu este greu să ne dăm seama cum putem vedea aceeași mișcare încetinită, dar nu în sens invers, ci în cel normal. Pentru aceasta numărul de scînteieri nu trebuie mărit, ci m i c ș o r a t. De exemplu, dacă numărul acestora este de 99 pe secundă, atunci ni se va părea că discul se rotește înainte, făcînd o singură rotație pe secundă.

Avem aici un „microscop de timp" cu o încetinire de 25 de ori. Se poate obține însă o încetinire și mai mare. Dacă, de exemplu, numărul scînteierilor de lumină este de 999 în 10 secunde (adică 99,9 pe secundă), atunci ni se va părea că dis-

cul efectuează o rotaţie în 10 secunde: obţinem deci o încetinire de 250 de ori.

Orice mişcare periodică rapidă poate fi încetinită pentru ochiul nostru, prin metoda indicată mai sus, în măsura dorită. Aceasta ne permite să studiem particularităţile de mişcare ale unor mecanisme foarte rapide, încetinind mişcarea lor cu ajutorul „microscopului de timp“ de 100, de 1 000 etc. ori[1].

În încheiere descriem metoda de măsurare a vitezei de zbor a glonţului, bazată pe posibilitatea de a determina cu precizie numărul de turaţii ale unui disc care se roteşte. Pe un ax care se roteşte repede, se aşază un disc de carton cu sectoare negre şi cu marginile îndoite astfel încît discul capătă forma unei cutii cilindrice deschise (fig. 148). Ţintaşul trimite glonţul de-a lungul diametrului acestei cutii, străpungîndu-i peretele în două locuri. Dacă cutia ar fi imobilă atunci cele două orificii s-ar afla la cele două capete ale aceluiaşi diametru. Dar cutia s-a rotit şi, în intervalul de timp în care glonţul a străbătut-o, ea a reuşit să se rotească puţin, astfel încît glonţul a atins în locul punctului *b* punctul *c*. Cunoscînd numărul de rotaţii ale cutiei şi diametrul ei şi folosind mărimea arcului *bc*, putem calcula viteza de zbor a glonţului. Este o problemă de geometrie simplă, pe care o vor rezolva cu uşurinţă cititorii care cunosc puţină matematică.

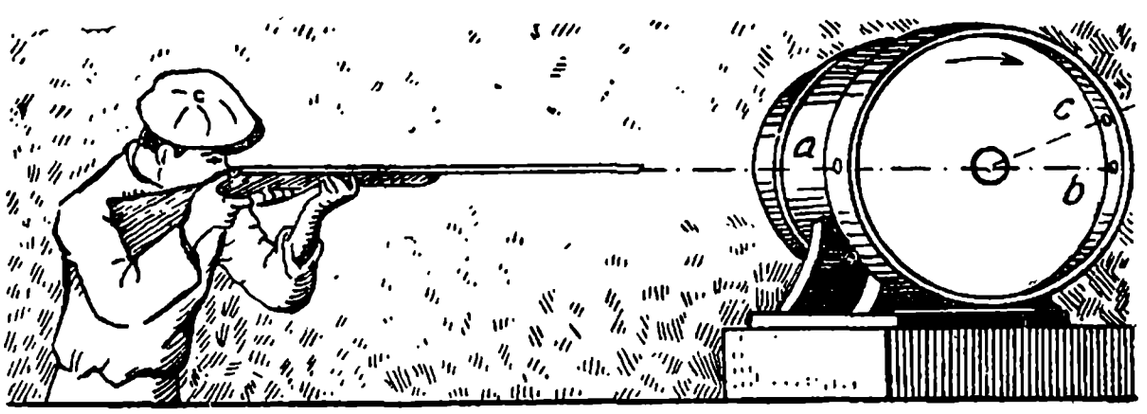


Fig. 148 — Măsurarea vitezei de zbor a glonţului.

[1] Principiul examinat mai sus stă la baza aparatului denumit *stroboscop*, care se foloseşte pentru măsurarea frecvenţei unor procese cu variaţie rapidă. Stroboscoapele dau o precizie foarte mare a măsurărilor (de exemplu precizia de măsurare cu stroboscopul electronic este de 0,001%) (*n. red. sov.*).

O remarcabilă utilizare tehnică a iluziei optice a constituit-o așa-numitul „disc al lui Newton", care a fost folosit în primele instalații de televiziune. În figura 149 vedeți un disc ale cărui margini sînt perforate, avînd 12 orificii cu diametrul de 2 mm; orificiile sînt așezate la distanțe egale între ele, fiecare dintre ele fiind cu 2 mm mai aproape de centru decît cel precedent. S-ar părea că un astfel de disc nu poate oferi nimic interesant. Dar așezați-l pe un ax, fixați în fața lui o ferestruică, iar în spatele lui așezați un ecran de aceleași dimensiuni (fig. 150). Dacă acum discului i se imprimă o mișcare de rotație rapidă, vom fi martorii unui fenomen neașteptat: ecranul acoperit de discul imobil devine, o dată cu rotirea acestuia, perfect vizibil prin ferestruica din față. Încetiniți rotația: ecranul devine neclar și, în sfîrșit, dispare o dată cu încetarea rotației discului; acum vedem din ecran numai ceea ce se poate zări printr-un orificiu cu diametrul de 2 mm.

Să vedem în ce constă secretul efectului misterios al acestui disc. Vom roti discul încet și vom urmări trecerea suc-

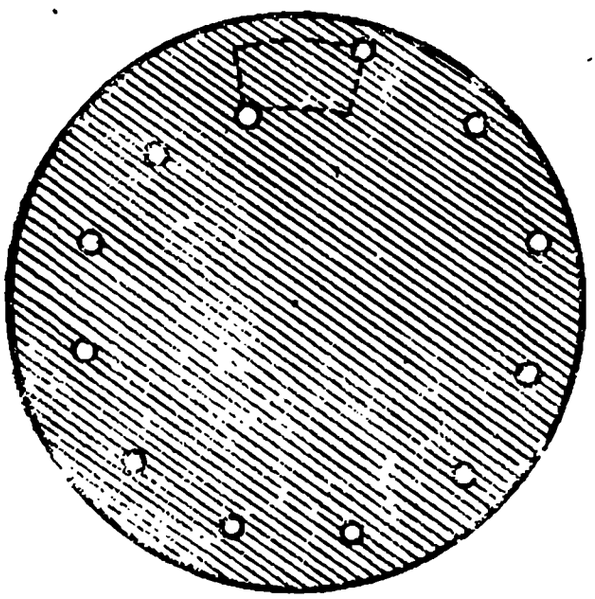


Fig. 149

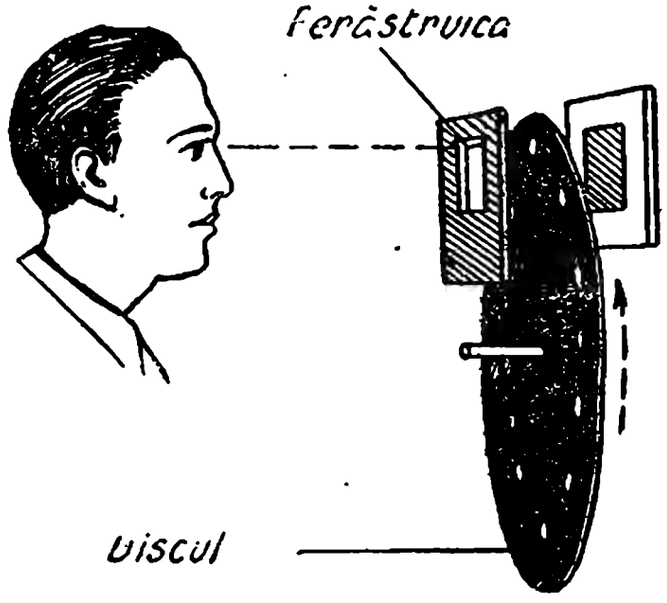


Fig. 150

cesivă a fiecărui orificiu prin fața ferestruicii. Orificiul cel mai îndepărtat de centru trece prin apropierea marginii de sus a ferestruicii; dacă această mișcare este rapidă, atunci

ea permite să se vadă o fîşie întreagă din ecran, şi anume cea dinspre marginea lui de sus. Orificiul următor, aşezat puţin mai jos, va dezvălui, în trecerea lui rapidă prin cîmpul ferestruicii, fîşia următoare a ecranului (fig. 151); orificiul al treilea ne permite să vedem încă o fîşie ş.a.m.d. De aceea, în cazul rotirii rapide a discului, putem vedea întregul ecran; în faţa ferestruicii parcă s-ar decupa din disc orificiul corespunzător.

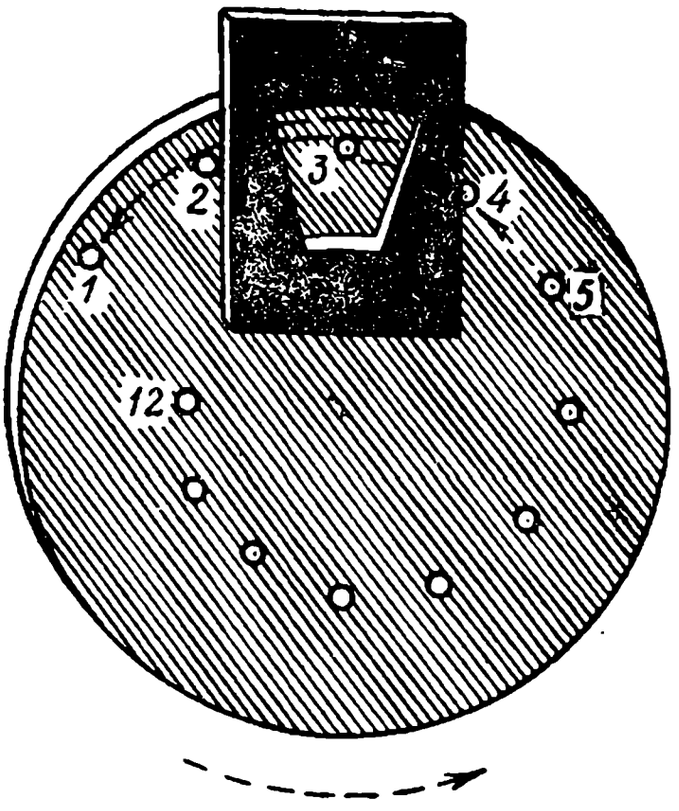


Fig. 151

Discul lui Newton este uşor de confecţionat; pentru rotirea lui rapidă putem folosi un şnur înfăşurat pe axa lui; desigur că este mai bine să folosim un mic motoraş electric.

DE CE ESTE IEPURELE SAŞIU?

Omul este una dintre puţinele fiinţe ai cărui ochi sînt adaptaţi la examinarea simultană a unui obiect oarecare: cîmpul vizual al ochiului drept diferă foarte puţin de cel al ochiului stîng.

Majoritatea animalelor însă privesc separat cu fiecare ochi. Obiectele văzute de ele nu sînt atît de reliefate, în schimb cîmpul lor vizual este mult mai larg decît al nostru. În figura 152 este reprezentat

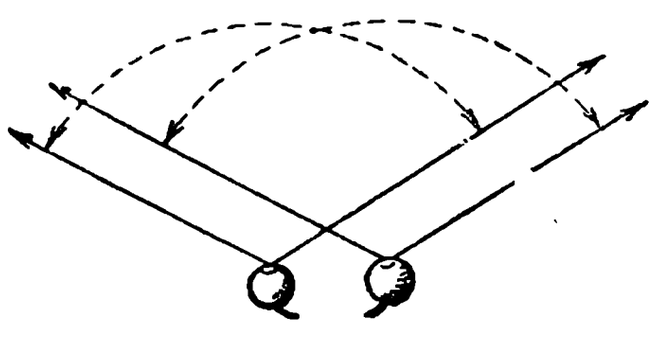


Fig. 152 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai omului.

cîmpul vizual al omului: fiecare ochi vede în direcție orizontală în limitele unui unghi de 120° și ambele unghiuri se suprapun (se presupune că ochii sînt nemișcați).

Comparați acest desen cu figura 153, în care este reprezentat cîmpul vizual al iepurelui; fără să-și miște ochii, iepurele vede cu ochii lui, îndepărtați unul de celălalt, nu numai ceea ce se află în fața lui, d a r ș i c e e a c e e s t e î n s p a t e. Ambele cîmpuri vizuale ale ochilor săi se întîlnesc și în față și în spate! Veți înțelege acum de ce este atît de greu să ne apropiem de un iepure fără ca acesta să ne observe. În schimb, după cum rezultă din desen, iepurele nu vede de loc ce se află *direct* în fața botului lui; pentru a vedea un obiect foarte apropiat, el este nevoit să-și întoarcă capul într-o parte.

Aproape toate animalele copitate și rumegătoare au această proprietate a unei vederi „omnilaterale". În figura 154 este arătat modul de plasare a cîmpului vizual la cai: acesta nu se extinde și în spate, dar este suficient ca animalul să

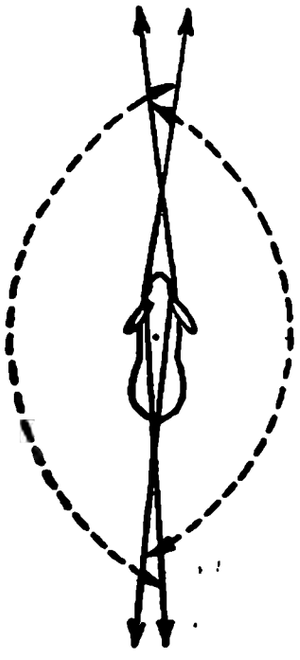


Fig. 153 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai unui iepure.

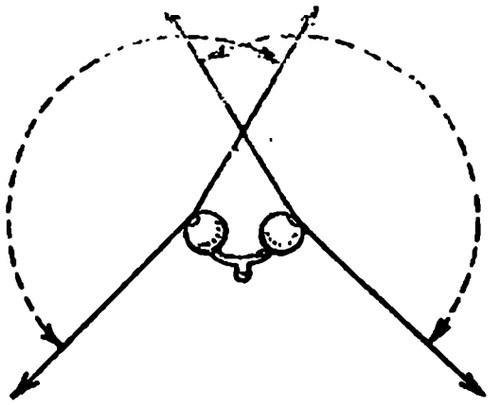


Fig. 154 — Cîmpul vizual al ambilor ochi ai unui cal.

întoarcă puțin capul pentru a putea vedea obiectele aflate acolo. Ce este drept, aici imaginile vizuale nu sînt prea clare, dar animalul are posibilitatea de a observa orice mișcare din jur pe o rază mare.

Fiarele sălbatice foarte mobile, care sînt în postura de atacante, sînt lipsite de această posibilitate de a vedea în jurul lor; ele au o vedere „binoculară", care le permite să aprecieze exact distanța pentru efectuarea saltului.

DE CE ÎN ÎNTUNERIC TOATE PISICILE SÎNT CENUȘII?

Fizicianul ar spune că „în întuneric toate pisicile sînt negre", pentru că, nefiind luminate, obiectele nu se văd de loc. Dar problema nu se referă la întunericul absolut, ci la cel în înțelesul obișnuit, adică la o lumină foarte slabă. Forma cu totul corectă a problemei ar fi „Noaptea toate pisicile sînt cenușii". Sensul inițial, propriu, al acestui proverb este că, atunci cînd lumina este insuficientă, ochiul nostru nu mai percepe culorile și orice suprafață apare cenușie.

Oare așa stau lucrurile? Este adevărat că, în semiîntuneric, atît steagul roșu, cît și frunzișul verde ne apar la fel de cenușii. Este ușor să ne convingem de justețea acestei afirmații. Cei care au observat coloritul obiectelor în amurg au constatat, desigur, că deosebirile de culoare se estompează și toate lucrurile ne apar de un cenușiu-închis sau mai deschis: atît plapuma roșie, cît și draperia albastră, florile liliachii și frunzele verzi.

„Printre storurile lăsate — scrie Cehov (*Scrisoarea*) — aici nu pătrundeau razele solare și în obscuritate toți trandafirii din buchet păreau de aceeași culoare."

Experiențele exacte de fizică confirmă pe deplin aceste observații. Dacă o suprafață colorată este luminată cu o lumină albă slabă (sau suprafața albă cu o lumină slab colorată), intensificînd mereu lumina, atunci ochiul vede mai întîi pur și simplu o culoare cenușie, fără nici o nuanță coloristică. Numai atunci cînd lumina atinge o anumită intensitate, ochiul începe să observe că suprafața este colorată. Acest grad de iluminare se numește „pragul de jos al senzației de culoare".

Astfel, înțelesul literar și pe deplin corect al problemei noastre este acela că sub pragul senzației de culoare toate obiectele ne apar cenușii.

S-a descoperit că există și un prag superior al senzației de culoare. Cînd lumina este prea puternică, atunci ochiul încetează iarăși să distingă culorile: toate suprafețele divers colorate ni se par albe.

EXISTĂ OARE RAZE DE FRIG?

Este răspîndită părerea că în afara razelor calde există și raze reci, de frig. Această părere se datorește, de exemplu, faptului că o bucată de gheață răspîndește frigul în jurul ei la fel cum o sobă iradiază căldura în jurul ei. Nu este oare aceasta un indiciu că gheața iradiază raze reci așa cum soba le iradiază pe cele calde?

O asemenea concluzie este greșită. Raze de frig nu există. Obiectele din preajma gheții nu devin mai reci sub acțiunea „razelor de frig", ci pentru că obiectele calde pierd prin radiație mai multă căldură decît primesc de la gheață. Atît obiectul cald, cît și gheața rece emit prin radiație căldura; obiectul încălzit mai mult decît gheața cedează mai multă căldură decît primește. Afluxul de căldură este mai mic decît consumul și obiectul se răcește.

Se poate face o experiență de efect, care poate și ea să conducă la concluzii cu privire la existența razelor reci. Lîngă doi pereți opuși ai unei săli lungi sînt așezate oglinzi concave mari. Dacă în apropierea uneia dintre oglinzi, în „focarul" ei, se așază o sursă puternică de căldură, atunci razele pe care le emite, reflectîndu-se de la oglindă, se îndreaptă spre cea de-a doua oglindă, se reflectă din nou și se concentrează într-un punct, în „focar"; o hîrtie neagră plasată în acest punct se aprinde. Este o demonstrație care ne dovedește existența razelor calde. Dar dacă în locul unei surse de căldură așezăm în focarul primei oglinzi o bucată de gheață, vom constata că termometrul aflat în focarul celei de-a doua oglinzi va indica o temperatură scăzută. Dar

aceasta înseamnă oare că gheaţa emite raze reci care se reflectă de la oglinzi şi se concentrează pe balonul cu mercur al termometrului?

Nu! Şi în cazul acesta fenomenul poate fi explicat fără misterioasele raze de frig. Pe calea radiaţiei, balonul termometrului îi cedează gheţii mai multă căldură decît primeşte el însuşi de la gheaţă; de aceea mercurul din el se răceşte. Astfel nici aici nu sîntem îndreptăţiţi să admitem existenţa unor raze reci. În natură nu există nici un fel de raze de frig: toate razele comunică energia corpului care le absoarbe. Dimpotrivă, corpurile care emit raze se răcesc ele însele.

Capitolul 10

SUNETUL. MIȘCAREA ONDULATORIE.

SUNETUL ȘI UNELE DE RADIO

Sunetul se propagă de aproximativ de un milion de ori mai încet decît lumina, iar întrucît viteza de propagare a undelor de radio coincide cu viteza de propagare a oscilațiilor luminoase, sunetul se propagă de un milion de ori mai încet decît undele de radio. De aici decurge o consecință interesantă, a cărei esență este clarificată de următoarea problemă. Cine va auzi mai întîi primul acord al pianistului : spectatorul din sala de concerte, care este așezat la distanța de 10 m de pian, sau persoana care stă lîngă aparatul său de radio instalat în locuința sa, aflată la o distanță de 100 km de sală?

Oricît ar părea de curios, radioascultătorul va auzi acordul înaintea spectatorului din sala de concerte, deși primul se află la o distanță de 10 000 de ori mai mare de instrumentul muzical. Într-adevăr, undele de radio parcurg distanța

de 100 kilometri în $\frac{100}{300\,000} = \frac{1}{3\,000}$ secunde.

Sunetul însă parcurge distanța de 10 metri în

$$\frac{10}{340} = \frac{1}{34} \text{ secunde.}$$

De aici se vede că transmiterea sunetului prin radio necesită un timp de 100 de ori mai scurt decît transmisia sunetului în aer.

SUNETELE ȘI GLONȚUL

Cînd pasagerii proiectilului lui Jules Verne au zburat în Lună, ei au fost mirați de faptul că nu au auzit detunătura imensului tun care i-a lansat din țeava sa. Dar era un lucru normal. Oricît de asurzitoare ar fi fost detunătura, viteza ei de propagare (ca a oricărui sunet în aer) era doar de 340 m pe secundă, în timp ce proiectilul se deplasa cu viteza de 11 000 m pe secundă. Este ușor de înțeles că detunătura nu putea fi auzită de pasageri: proiectilul a depășit sunetul [1].

Dar cum stau lucrurile cu proiectilele și cu gloanțele reale: se mișcă ele mai repede decît sunetul sau, dimpotrivă, sunetul le depășește și previne victima asupra apropierii proiectilului aducător de moarte?

Armele de foc moderne comunică gloanțelor o viteză de aproape trei ori mai mare decît viteza sunetului în aer, și anume de aproximativ 900 m pe secundă (viteza sunetului la 0°C este egală cu 332 m/s). Este drept că sunetul se propagă uniform, pe cînd glonțul, în zborul lui, își încetinește mișcarea. Dar, totuși, de-a lungul celei mai mari părți din drumul lui, glonțul se mișcă mai repede decît sunetul. De aici rezultă direct că dacă în timpul unui schimb de focuri de armă auziți sunetul detunăturii sau șuieratul glonțului,

[1] Multe avioane moderne au o viteză care depășește cu mult viteza sunetului *(n. red. sov.)*.

puteţi să fiţi liniştiţi: acest glonţ v-a şi depăşit. Glonţul depăşeşte detunătura şi, dacă glonţul îşi loveşte victima, aceasta din urmă va cădea înainte ca sunetul împuşcăturii care a lansat acest glonţ să-i ajungă la ureche.

O EXPLOZIE FALSĂ

Concursul de viteză dintre corpul care zboară şi sunetul pe care-l produce ne fac uneori să tragem concluzii greşite, care nu corespund de loc adevăratului tablou al fenomenului.

Un exemplu interesant îl prezintă un bolid sau un proiectil de tun care trece în zbor sus deasupra capului nostru. Bolizii care pătrund în atmosfera planetei noastre din spaţiul cosmic au o viteză uriaşă, care, chiar redusă de rezistenţa atmosferei, rămîne totuşi de zeci de ori mai mare decît viteza sunetului.

Străbătînd aerul, bolizii produc adesea un zgomot care ne aminteşte tunetul. Imaginaţi-vă că ne aflăm în punctul *C* (fig. 155), iar deasupra noastră, de-a lungul liniei *AB*,

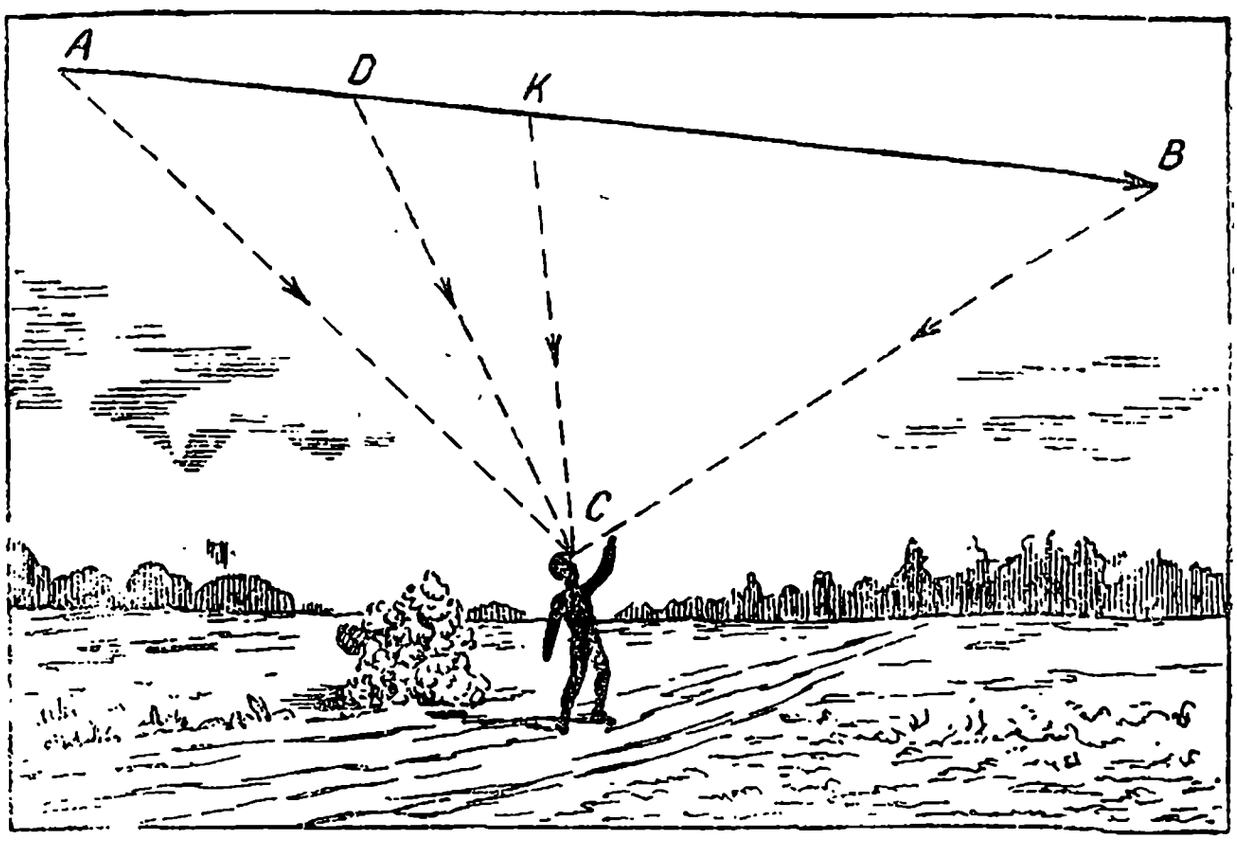


Fig. 155 — Explozia falsă a bolidului.

trece un bolid. Sunetul produs de el în punctul *A* va ajunge pînă la noi (în *C*) numai atunci cînd bolidul însuși reușește să se deplaseze în punctul *B*; deoarece bolidul zboară mult mai repede decît sunetul, el poate reuși să ajungă pînă la un punct oarecare *D* și să ne trimită de aici sunetul înainte ca sunetul din punctul *A* să ajungă pînă la noi.

De aceea noi auzim întîi sunetul din punctul *D* și numai apoi sunetul din punctul *A*. Deoarece și din punctul *B* sunetul va sosi la urechea noastră mai tîrziu decît din punctul *D*, undeva deasupra capului nostru trebuie să existe un astfel de punct *K* în care bolidul își lansează semnalul acustic cel mai devreme. Cei cărora le place matematica pot calcula poziția acestui punct dacă vor lua un anumit raport între viteza bolidului și cea a sunetului.

Iată rezultatul: ceea ce vom a u z i nu va semăna de loc cu ceea ce v e d e m. P e n t r u o c h i i noștri bolidul va apărea întîi în punctul *A* și va zbura apoi pe traseul *AB*. Dar pentru ureche bolidul va apărea mai întîi undeva deasupra capului nostru în punctul *K*, apoi vom auzi simultan două sunete, care se sting în direcții contrare: de la *K* spre *A* și de la *K* spre *B*. Cu alte cuvinte, vom auzi cum bolidul s-a desfăcut parcă în două bucăți, care au zburat în direcții opuse. În realitate însă nu a avut loc nici o explozie. Iată cît de înșelătoare pot fi impresiile acustice! Este posibil ca multe dintre exploziile bolizilor semnalate „de martori oculari" să fie tocmai niște iluzii acustice de acest fel.

DACĂ VITEZA SUNETULUI S-AR REDUCE...

Dacă sunetul nu s-ar propaga în aer cu viteza de 340 m pe secundă, ci mult mai încet, atunci iluziile acustice s-ar observa mult mai des.

Imaginați-vă, de exemplu, că sunetul parcurge într-o secundă nu 340 m, ci, să spunem, 340 mm, adică se deplasează mai încet decît pietonul. Stînd într-un fotoliu, dumneavoastră ascultați povestirea unui cunoscut, care are obiceiul să vorbească plimbîndu-se prin cameră. În împrejurări obișnuite

această plimbare nu vă împiedică să-l ascultaţi; dacă însă viteza sunetului ar fi mai redusă, atunci nu l-aţi mai înţelege pe interlocutorul dumneavoastră: sunetele pronunţate mai înainte le vor ajunge din urmă pe cele mai noi şi se vor amesteca cu ele: din acest amestec nu se va mai înţelege nimic.

Menţionăm că, în momentele cînd musafirul se va apropia de dumneavoastră, sunetele cuvintelor lui vor sosi la dumneavoastră în o r d i n e i n v e r s ă: vor ajunge întîi sunetele care au fost pronunţate la urmă, apoi cele pronunţate mai devreme ş.a.m.d., pentru că cel care le pronunţă îşi întrece sunetele şi se află tot timpul înaintea lor, continuînd să pronunţe altele noi. Din toate frazele pronunţate în aceste condiţii, aţi putea-o înţelege doar pe cea cu care răscoptul teolog l-a uimit pe tînărul Karas din povestirea *Bursa* a lui Pomealovski[1]:

„Ia idu s mecem, sudiia“ [2].

CONVORBIREA CEA MAI ÎNCEATĂ

Dacă credeţi însă că viteza cea mai reală a sunetului în aer — o treime de kilometru pe secundă — este o viteză totdeauna suficientă, atunci vă veţi schimba de îndată părerea.

Imaginaţi-vă că între Moscova şi Leningrad, în locul telefonului electric, este instalat un tub acustic obişnuit, de genul acelor telefoane care legau mai înainte diferitele încăperi ale marilor magazine sau erau folosite pe vapoare pentru a comunica cu sala maşinilor. Vă aflaţi la capătul leningrădean al acestui tub de 650 de kilometri, iar prietenul dumneavoastră la capătul din Moscova. Lansaţi întrebarea şi aşteptaţi răspunsul. Trec cinci, zece, cincisprezece minute:

---

[1] La drept vorbind, lucrul acesta nu este pe deplin adevărat: noi nu pronunţăm sunetele separate, ci legate între ele în silabe. De aceea fraza se va auzi aproximativ aşa: ia di-su m-ce-mes du-i-ia.

[2] Fraza se citeşte la fel de la stînga spre dreapta şi invers *(n. t.)*.

răspunsul nu sosește. Începeți să vă neliniștiți, să vă puneți întrebarea dacă nu cumva i s-a întîmplat ceva prietenului dumneavoastră. Dar îngrijorarea nu are temei: întrebarea nu a ajuns încă la Moscova, ci se află la jumătatea drumului. Va mai trece un sfert de oră înainte ca prietenul dumneavoastră din Moscova să audă întrebarea și să poată da răspunsul. Dar și replica lui va parcurge distanța de la Moscova pînă la Leningrad în cel puțin o jumătate de oră, astfel încît răspunsul la întrebarea dumneavoastră îl veți primi abia peste o oră.

Puteți verifica calculul; de la Leningrad pînă la Moscova sînt 650 km; sunetul parcurge 1/3 km pe secundă; prin urmare, el va parcurge distanța între cele două orașe în 2 160 de secunde și ceva; adică în 35 de minute și ceva. În aceste condiții, vorbind ziua întreagă de dimineața pînă seara, abia de veți reuși să faceți un schimb de vreo zece fraze [1].

PE DRUMUL CEL MAI RAPID

A fost, totuși, un timp cînd chiar și o astfel de metodă de transmiterea știrilor ar fi fost considerată foarte rapidă. Cu o sută de ani în urmă, nimeni nici nu visa încă la telegraful și telefonul electric, iar transmiterea unei noutăți la distanța de 650 de kilometri într-un interval de cîteva ore ar fi fost decretată drept un ideal de rapiditate.

Se spune că la încoronarea lui Pavel I anunțul cu privire la momentul începerii ceremoniei la Moscova s-a transmis în capitala nordică în felul următor. De-a lungul întregii distanțe dintre cele două capitale au fost plasați soldați la 200 de metri unul de altul; la primul dangăt al clopotului din clopotnița catedralei, soldatul cel mai apropiat a tras cu arma în aer; vecinul lui, auzind semnalul, și-a descărcat și el ime-

---

[1] Autorul nu ține seama de amortizarea oscilațiilor acustice în funcție de distanță, care, în realitate, vă va împiedica să stați de vorbă, pentru că la capătul celălalt al unui astfel de tub nu veți fi auzit *(n. red. sov.)*.

diat arma, a tras apoi cea de-a treia santinelă și în felul acesta semnalul a fost transmis la Leningrad (pe atunci Petersburg) în numai trei ore. După trei ore de la primul dangăt al clopotului de la Moscova au răsunat și detunăturile tunurilor din fortăreața Petropavlovsk, așezată la distanță de 650 de kilometri.

Dacă sunetul clopotelor din Moscova ar putea fi auzit nemijlocit la Leningrad, atunci, după cum știm deja, acest sunet ar fi sosit în capitala nordică cu o întîrziere doar de o jumătate de oră. Deci, din cele trei ore consumate pentru transmiterea semnalului, două ore și jumătate s-au consumat pentru perceperea sunetului de către soldați și pentru mișcările necesare tragerii cu arma: oricît de neînsemnate ar fi fost aceste întîrzieri, totuși din mii de astfel de intervale mici s-au acumulat $2\,^1/_2$ ore.

Într-un mod asemănător funcționa în vechime telegraful optic, care transmitea semnale luminoase pînă la stația cea mai apropiată, care, la rîndul ei, le transmitea mai departe. Sistemul de semnalizare optică era folosit adesea pe vremea țarismului de către revoluționari pentru securitatea adunărilor ilegale; un lanț de revoluționari lega locul adunării de clădirea poliției și, imediat ce apărea un element suspect, lucrul acesta era semnalizat adunării cu ajutorul bateriilor de buzunar.

TOBA-TELEGRAF

Și astăzi încă transmiterea semnalelor acustice este folosită pe scară largă la popoarele primitive din Africa, America Centrală și Polinezia. În acest scop, triburile primitive folosesc niște tobe speciale cu ajutorul cărora transmit semnalele acustice la distanțe uriașe; semnalul convențional, auzit într-un loc, este repetat în celălalt și este transmis astfel mai departe; în felul acesta, într-un timp scurt, întreaga regiune este informată cu privire la un oarecare eveniment important (fig. 156).

În timpul primului război dintre Italia și Abisinia, toate deplasările trupelor italiene erau aduse cu rapiditate la cunoștința negusului Menelik; lucrul acesta era comentat cu uimire de statul-major italian, unde nici nu era măcar bănuită existența unei astfel de tobe-telegraf la inamic.

Fig. 156 — Un locuitor al insulelor Fidji care transmite știri cu ajutorul „tobei-telegraf".

La începutul celui de-al doilea război dintre Italia și Abisinia, același sistem a servit pentru „publicarea" ordinului emis la Adis-Abeba cu privire la mobilizarea generală; după cîteva ore era cunoscut în satele cele mai îndepărtate ale țării.

Același lucru s-a petrecut și în timpul războiului anglo-bur; datorită „telegrafului" cafrilor, toate știrile militare erau aduse cu repeziciune la cunoștința locuitorilor Capului Bunei Speranțe, precedînd cu cîteva zile rapoartele oficiale transmise prin curieri.

Conform mărturiei unor călători, sistemul de semnale acustice este atît de bine pus la punct la unele triburi africane, încît le putem considera posesoare ale unui telegraf

mai perfecţionat decît telegraful optic al europenilor care l-a precedat pe cel electric.

Iată ce se comunica în legătură cu aceasta într-o revistă. R. Hasselden, arheolog al Muzeului Britanic, se afla în oraşul Ibadan, aflat în regiunile îndepărtate ale Nigeriei. Bătăile surde ale tobei răsunau neîntrerupt zi şi noapte. Într-o dimineaţă savantul i-a auzit pe negri discutînd ceva cu aprindere. La întrebarea lui, un sergent i-a răspuns: „S-a scufundat o navă mare cu oameni albi; mulţi albi au pierit". Aceasta era ştirea transmisă în limbajul tobei de pe ţărm. Savantul nu a dat nici o importanţă acestui zvon. Dar peste trei zile el a primit cu întîrziere (din cauza unei defecţiuni a liniei de comunicaţie) o telegramă în care era anunţată pieirea navei „Lusitania". Atunci el a înţeles că ştirea negrilor era valabilă şi că ea a fost transmisă în limbajul tobelor pe întreaga distanţă de la Cairo pînă la Ibadan. Acest fapt era cu atît mai uimitor, cu cît triburile care şi-au transmis unul celuilalt această ştire vorbesc limbi diferite, iar unele dintre ele erau în acest timp în război unele cu altele.

NORII ACUSTICI ŞI ECOUL AERIAN

Sunetul se poate reflecta nu numai de obstacolele solide, ci şi de nişte formaţii atît de diafane ca norii. Mai mult decît atît, chiar şi aerul complet transparent poate reflecta în unele condiţii, şi anume în cazul cînd el se deosebeşte dintr-un motiv oarecare de restul masei de aer prin capacitatea sa de a conduce sunetul. Aici are loc un fenomen asemenea celui care în optică este denumit „reflexie totală". Sunetul se reflectă de la un obstacol invizibil şi noi auzim un ecou misterios care vine nu se ştie de unde.

Tyndall a descoperit în mod întîmplător acest fapt atunci cînd a efectuat experienţe cu semnale acustice pe ţărmul mării. „De la aerul complet transparent se obţine ecou — scrie el. — Ecoul ne venea ca prin miracol, de la nişte nori acustici invizibili".

Cunoscutul fizician englez numise „nori acustici“ acele regiuni ale aerului transparent care fac ca sunetul să se reflecte, dînd naștere „ecoului de la aer“. Iată ce spune el în această privință:

„Norii acustici plutesc în permanență prin aer. Ei nu au nici o legătură cu norii obișnuiți, cu ceața sau cu întunericul. Atmosfera cea mai transparentă poate fi plină de ei. În felul acesta se poate obține ecoul de la aer; contrar părerii înrădăcinate, el se poate forma și în atmosfera cea mai pură. Existența acestor ecouri a fost dovedită prin observații și experiență. Ele pot lua naștere datorită curenților de aer încălziți în mod diferit sau care conțin o cantitate diferită de vapori“.

Existența norilor acustici opaci pentru sunet ne explică unele fenomene misterioase observate în timpul unor bătălii. Tyndall reproduce următorul pasaj din memoriile unui martor ocular din războiul franco-prusac din 1871.

„Dimineața datei de 6 era cu totul altfel decît dimineața zilei de ieri. Ieri era un frig pătrunzător și ceață, care nu permitea să se vadă la o distanță mai mare de o jumătate de milă. Iar în ziua de 6 era senin, luminos și cald. Ieri aerul era plin de sunete, iar astăzi domnea liniștea unei Arcadii care nu cunoaște războiul. Ne uitam cu uimire unul la altul. Oare au dispărut fără urmă Parisul, forturile, tunurile, bombardamentele lui?... M-am deplasat în Montmorency, unde în fața mea s-a așternut panorama largă a părții nordice a Parisului. Dar și aici domnea o liniște mormîntală... Am întîlnit trei ostași și am discutat cu ei evenimentele zilei. Ei erau gata să admită că au început tratativele de pace, pentru că de dimineață nu auziseră nici o detunătură...

Am plecat mai departe în Gonesse. Aici am aflat cu uimire că bateriile germane au tras fără încetare de la orele 8 dimineața. În sud, bombardamentele au început în jurul aceleiași ore. Dar în Montmorency nu am auzit nici un sunet!... Toate acestea depindeau de aer: astăzi el conducea sunetul tot atît de prost pe cît de bine l-a condus ieri“.

Fenomene asemănătoare au fost observate de mai multe ori și în timpul marilor bătălii din 1914—1918.

Există oameni care nu aud sunete atît de acute cum sînt cîntecul unui greier sau ţipătul liliacului. Aceşti oameni nu sînt surzi, organele lor de auz sînt în bună stare de funcţionare şi totuşi ei nu aud sunetele foarte înalte. Tyndall afirmă că unii oameni nu aud nici ciripitul vrăbiilor.

În general, urechea noastră nu percepe toate oscilaţiile care au loc în preajma noastră. Dacă corpul respectiv efectuează sub 16 oscilaţii pe secundă, nu auzim nici un sunet. Dacă el efectuează peste 15—22 000 de oscilaţii, iarăşi nu auzim nici un sunet. Limita superioară de percepere a sunetelor variază de la om la om; la cei bătrîni ea scade pînă la 6 000 de oscilaţii pe secundă. De aici şi fenomenul straniu că un sunet înalt, acut, care este clar auzit de unele persoane, nu există pentru altele.

Multe insecte (de exemplu ţînţarul, greierul) emit sunete care corespund la 20 000 de oscilaţii pe secundă; pentru unele urechi aceste sunete există, pentru altele nu. Astfel de oameni nesensibili faţă de sunete înalte gustă o tăcere totală acolo unde alţii aud un haos de sunete acute. Tyndall povesteşte că a observat odată un asemenea caz în timpul unei plimbări prin meleagurile Elveţiei cu un prieten: „De ambele părţi ale drumului desişul ierbii era populat de numeroase insecte care umpleau pentru auzul meu întregul aer cu zumzetul lor ascuţit, dar prietenul meu nu auzea nimic din toate acestea: muzica insectelor se afla în afara graniţelor auzului lui".

Ţipătul liliacului este cu o octavă întreagă mai jos decît cîntecul ascuţit al insectelor, adică oscilaţiile aerului sînt de două ori mai rare. Dar există oameni la care graniţa de percepere a sunetelor este şi mai joasă şi pentru aceşti oameni liliecii sînt nişte fiinţe mute.

Dimpotrivă, cîinii, după cum s-a constatat în laboratorul lui Pavlov, percep sunete cu o frecvenţă a oscilaţiilor pînă la 38 000 pe secundă, iar aceasta este deja regiunea oscilaţiilor „superacustice" sau a ultrasunetului.

Fizica şi tehnica zilelor noastre posedă un mijloc de a crea „sunete insonore“ cu o frecvenţă mult mai mare decît a acelor despre care am vorbit ceva mai sus: în aceste „suprasunete“ sau „ultrasunete“, frecvenţa oscilaţiilor poate ajunge pînă la 100 000 000 000 000 pe secundă. Frecvenţa maximă care s-a putut obţine este în prezent egală cu 1 000 000 000 oscilaţii pe secundă.

Una dintre metodele de obţinere a oscilaţiilor ultraacustice se bazează pe proprietatea unor plăci, tăiate într-un anumit fel din cristale de cuarţ, de a se electriza, prin compresiune, la suprafaţă[1]; dacă însă, dimpotrivă, se încarcă periodic suprafaţa unei astfel de plăci, atunci sub acţiunea sarcinilor electrice ea se comprimă şi se dilată alternativ, adică oscilează. Placa este încărcată cu ajutorul generatorului cu tuburi folosit în radiotehnică, a cărui frecvenţă se alege în concordanţă cu aşa-numita perioadă proprie de oscilaţie a plăcii [2].

Deşi ultrasunetele sînt mute pentru noi, ele îşi trădează existenţa prin alte manifestări pe deplin palpabile. Dacă, de exemplu, o placă care oscilează este cufundată într-un vas cu ulei, atunci la suprafaţa lichidului căruia i s-au transmis oscilaţiile ultrasonore apare o umflătură de 10 cm înălţime, iar picăturile de ulei sînt împrăştiate pînă la înălţimea de 40 cm. Cufundînd într-o astfel de baie de ulei capătul unui tub de sticlă cu lungimea de un metru, vom simţi în mîna care ţine celălalt capăt o arsură puternică, care lasă urme pe piele. Venind în contact cu lemnul, capătul tubului, oscilînd, găureşte lemnul; energia ultrasunetelor se transformă în energie termică.

Ultrasunetele sînt minuţios studiate de cercetători. Aceste oscilaţii au un efect puternic asupra organismului viu: firele de alge se rup, celulele animale plesnesc, globulele

---

[1] Această proprietate a cristalelor se numeşte *piezoelectricitate.*

[2] Cristalele de cuarţ sînt o sursă scumpă şi slabă de ultrasunete şi se folosesc mai des în laborator. O utilizare tehnică şi-au găsit materialele sintetice artificiale, de exemplu materialele ceramice din titanat de bariu *(n. red. sov.).*

roșii se distrug; peștii mici și broaștele sînt ucise de ultrasunete în 1—2 minute; temperatura corpului animalelor cu care se fac experiențele crește, de exemplu la șoarece ea se ridică pînă la 45°C. Oscilațiile ultraacustice își găsesc utilizarea în medicină; ultrasunetele inauzibile împărtășesc soarta razelor ultraviolete invizibile, venind în ajutorul terapeuticii.

Cu un deosebit succes sînt folosite ultrasunetele în metalurgie, pentru descoperirea neomogenităților, golurilor, crăpăturilor și altor defecte din masa metalului. Metoda de control al metalului cu ajutorul ultrasunetului constă în aceea că metalul respectiv se unge cu ulei și este supus acțiunii unor oscilații ultraacustice. Sunetul este disipat de regiunile neomogene ale metalului care ar arunca parcă o umbră acustică; conturul neomogenităților apare atît de clar pe fondul unduirii uniforme de la suprafața stratului de ulei, încît imaginea respectivă poate fi chiar fotografiată [1].

Cu ajutorul ultrasunetului se pot controla piese metalice cu grosimea de peste un metru, ceea ce nu se poate face cu ajutorul razelor Roentgen; totodată, prin această metodă se descoperă și defecte foarte mici, de ordinul unui milimetru. Este incontestabil că utilizarea oscilațiilor ultraacustice are perspective foarte mari în viitor [2].

VOCILE LILIPUTANILOR ȘI A LUI GULLIVER

În filmul sovietic *Noul Gulliver*, liliputanii vorbesc cu voci subțirele, iar uriașul — Petea — cu o voce joasă. În timpul filmării, replicile liliputanilor erau date de artiști

---

[1] Metoda defectoscopiei cu ultrasunete (descoperirea defectelor) a fost propusă în 1928 de savantul sovietic S. I. Sokolov. În prezent se folosesc receptoare speciale de ultrasunete, care înlocuiesc uleiul și simplifică măsurările *(n. red. sov.)*.

[2] Este interesant de subliniat faptul că ultrasunetele se întîlnesc și în natură. În zgomotul vîntului și al fluxului marin există frecvențe corespunzătoare regiunii ultrasunetelor. Multe vietăți (fluturii, greierii etc.) au proprietatea de a emite și de a recepționa ultrasunetul. Liliecii folosesc ultrasunetul în timpul zborului lor, fiind avertizați cu ajutorul semnalelor reflectate despre obstacolele din drumul lor *(n. red. sov.)*

maturi, iar rolul lui Petea era jucat de un copil: cum s-au obținut deci tonalitățile respective? Eu am fost foarte mirat cînd regizorul Ptușko mi-a spus că în timpul filmării interpreții au vorbit cu vocile lor naturale; schimbarea tonalității se realiza în procesul filmării printr-o metodă bazată pe particularitățile fizice ale sunetului.

Pentru a face ca vocile liliputanilor să devină mai subțiri, iar vocea lui Gulliver mai joasă, regizorul filmului a înregistrat vocile artiștilor care-i interpretau pe liliputani pe o bandă care se derula î n c e t i n i t, iar vocea lui Petea, dimpotrivă, pe una care se derula a c c e l e r a t. Pe ecran filmul era proiectat cu o viteză normală. Este ușor de înțeles care este rezultatul. Vocile liliputanilor sînt percepute de ascultători ca avînd tonalități m a i î n a l t e, datorită succesiunii m a i r a p i d e a oscilațiilor acustice față de cea normală. Vocea lui Petea însă era percepută ca m a i j o a s ă în urma succedării î n c e t i n i t e a oscilațiilor. Ca rezultat, liliputanii din *Noul Gulliver* vorbesc cu o voce care este cu o cvintă mai înaltă decît a unui om matur normal, iar Gulliver însuși — Petea — cu o voce mai joasă cu o cvintă.

PENTRU CINE APARE DE DOUĂ ORI PE ZI ZIARUL?

Vom discuta acum o problemă care, la prima privire, nu are vreo legătură nici cu sunetul și nici cu fizica. Cu toate acestea vă rog să-i acordați atenție: ea vă va ajuta să înțelegeți mai ușor cele ce urmează. Probabil că ați avut de-a face cu această problemă într-una din numeroasele ei variante.

În fiecare zi, pe la amiază, din Moscova pleacă un tren spre Vladivostok și tot în fiecare zi, tot la amiază, din Vladivostok pleacă un tren spre Moscova. Drumul durează, să zicem, 10 zile. Se pune întrebarea: cîte trenuri de cursă lungă veți întîlni în timpul unei călătorii de la Vladivostok la Moscova?

De cele mai deseori se răspunde: 10. Dar răspunsul nu este corect: nu veţi întîlni doar cele zece trenuri plecate din Moscova d u p ă plecarea dumneavoastră, dar şi pe cele care în momentul plecării dumneavoastră se găseau deja la drum. Prin urmare, răspunsul corect este 20 şi nu 10.

Mai departe. Fiecare tren dinspre Moscova transportă ultimele numere de ziar. Dacă vă interesează ultimele noutăţi din Moscova, dumneavoastră veţi cumpăra, bineînţeles, ziare prin gările unde vi se opreşte trenul. Cîte numere noi veţi cumpăra dumneavoastră în cele 10 zile de drum?

Acuma nu va mai fi greu să răspundeţi: 20. Am convenit doar că fiecare tren întîlnit transportă numere noi şi, deoarece întîlniţi 20 de trenuri, veţi citi 20 de numere de ziar. Întrucît călătoriţi doar zece zile, înseamnă că v e ţ i c i t i ziarul de două ori pe zi. Concluzia este oarecum neaşteptată şi, probabil, că n-aţi fi acceptat-o de îndată, dacă nu vi s-ar fi întîmplat să vă convingeţi în practică că cele spuse sînt adevărate. Amintiţi-vă măcar că în timpul unei călătorii de două zile de la Sevastopol la Leningrad reuşeaţi să citiţi p a t r u numere ale ziarului apărut la Leningrad, în loc de d o u ă: cele două numere care apăruseră deja la Leningrad pînă în momentul plecării dumneavoastră şi încă două numere apărute în cele două zile de drum.

Astfel aţi aflat deja cine sînt cei pentru care ziarele din capitală apar de două ori pe zi: pasagerii tuturor trenurilor care se îndreaptă spre capitală.

PROBLEMA SEMNALELOR DE LOCOMOTIVĂ

Dacă aveţi un auz muzical dezvoltat, atunci probabil că aţi observat cum variază tonul (nu intensitatea, ci t o n u l, înălţimea) sirenei de locomotivă atunci cînd un alt tren trece în viteză pe lîngă trenul dumneavoastră în sens opus. Atîta timp cît cele două trenuri se apropiau, tonul era mult mai î n a l t decît cel pe care-l auziţi atunci cînd trenurile se depărtează. Dacă trenurile merg cu o viteză de 50 km pe oră, atunci diferenţa dintre sunete atinge aproape un ton întreg.

De ce se întîmplă aşa?

Nu este greu să ghiciţi cauza dacă vă amintiţi că înălţimea tonului depinde de numărul oscilaţiilor pe secundă. Sirena locomotivei care vine în întîmpinarea trenului dumneavoastră emite tot acelaşi sunet, cu o anumită frecvenţă. Dar urechea dumneavoastră percepe un număr diferit de oscilaţii, în funcţie de faptul dacă mergeţi în întîmpinare, staţi pe loc sau vă depărtaţi de sursa acestor oscilaţii.

Şi tot aşa cum în drumul dumneavoastră spre Moscova citiţi ziarul mai mult decît o dată pe zi, şi aici, apropiindu-vă de sursa de sunet, percepeţi oscilaţiile m a i d e s d e c î t s î n t e l e e m i s e d e s i r e n a l o c o m o t i v e i. Aici însă nu mai r a ţ i o n a ţ i: urechea dumneavoastră recepţionează un număr de oscilaţii sporit şi, în consecinţă, auziţi u n t o n m a i î n a l t. Depărtîndu-vă, recepţionaţi un număr mai mic de oscilaţii şi auziţi u n t o n m a i j o s.

Dacă această explicaţie nu v-a convins pe deplin, încercaţi să urmăriţi (bineînţeles cu gîndul) modul cum se propagă undele acustice emise de sirena locomotivei. Să ne ocupăm întîi de locomotiva n e m i ş c a t ă (fig. 157).

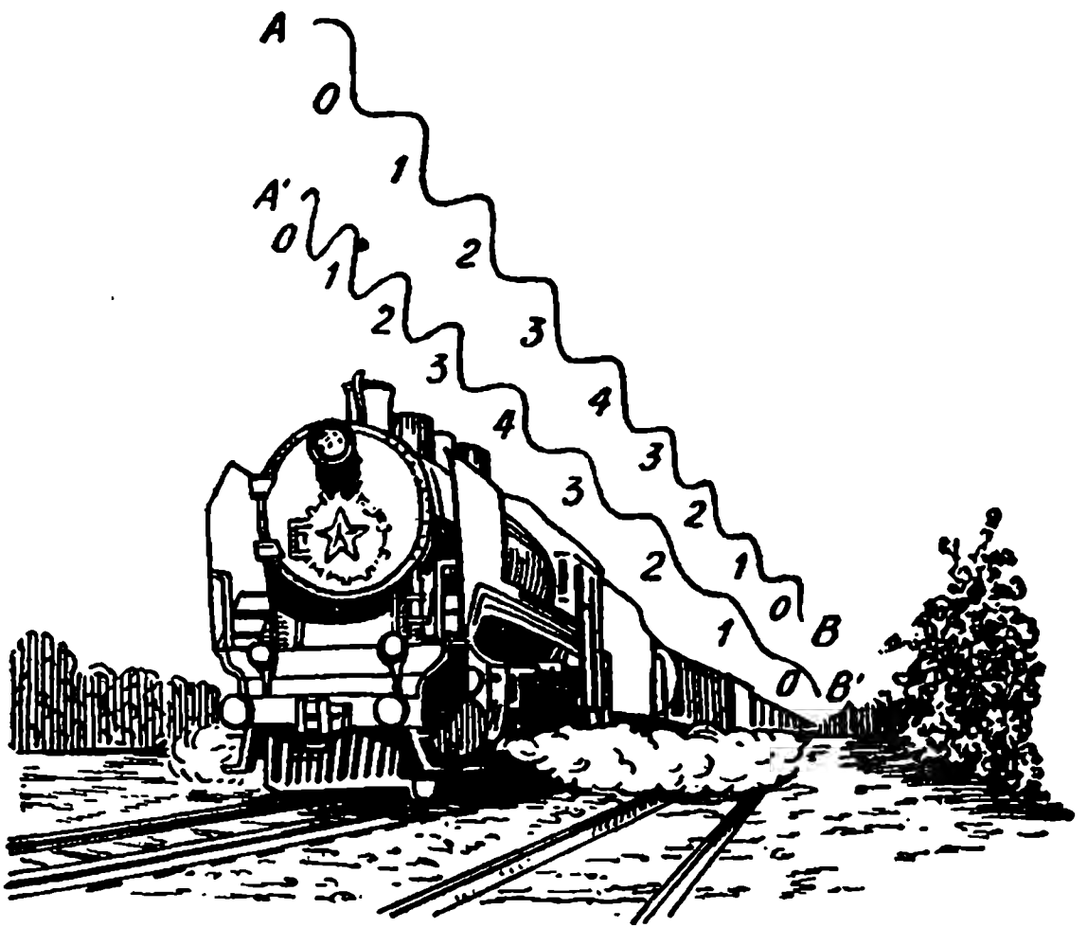


Fig. 157 — Problema semnalelor de locomotivă. Sus sînt undele acustice emise de o locomotivă în repaus, iar jos de una care se deplasează dinspre stînga spre dreapta.

Sirena produce unde de aer și, pentru a simplifica lucrurile, examinăm numai patru dintre ele (vezi linia sinuoasă de sus): de la locomotiva în repaus ele vor reuși să se propage într-un oarecare interval de timp la aceeași distanță în toate direcțiile. Unda nr. 0 va ajunge la observatorul *A* în același timp ca și pînă la observatorul *B*; după aceea va sosi la ambii observatori, simultan, unda nr. 1, apoi 2, 3 etc. În fiecare secundă, urechile ambilor observatori recepționează același număr de impulsuri și, de aceea, amîndoi vor auzi același ton.

Altfel stau lucrurile cînd locomotiva se deplasează dinspre *B* spre *A* (linia sinuoasă de jos). Presupunem că într-un moment oarecare sirena se află în punctul *C'*, iar în intervalul de timp în care a lansat patru unde ea a și reușit să ajungă pînă la punctul *D*.

Comparați acum cum se vor propaga undele acustice. Unda nr. 0, plecată din punctul *C'*, va ajunge simultan la ambii observatori *A'* și *B'*. Dar cea de-a patra undă, care s-a format în punctul *D*, nu-i va mai atinge simultan: distanța *DA'* este mai mică decît *DB'* și, prin urmare, unda va ajunge în *A'* mai devreme decît în *B'*. Unde intermediare — nr. 1 și nr. 2 — vor sosi și ele în *B'* mai tîrziu decît în *A'*, dar întîrzierea va fi mai mică. Ce se întîmplă? Observatorul din punctul *A'* va percepe m a i d e s undele acustice decît observatorul din punctul *B'*: primul va auzi un ton mai înalt decît cel de-al doilea. Totodată, după cum se vede din desen, lungimea undelor care se îndreaptă spre *A'* va fi mai mică decît a celor care merg spre *B'* [1].

FENOMENUL DOPPLER

Fenomenul pe care l-am descris mai sus a fost descoperit de fizicianul Doppler și a rămas legat pentru totdeauna

[1] Este necesar să se țină seama de faptul că liniile sinuoase din desen nu reprezintă de loc f o r m a undelor acustice: oscilația particulelor în aer are loc în l u n g u l direcției sunetului și nu transversal. Undele sînt reprezentate aici t r a n s v e r s a l e numai pentru a fi mai explicați și vîrful unei astfel de unde corespunde compresiunii maxime în unda acustică longitudinală.

de numele acestui savant. El nu este specific numai pentru sunet, ci și pentru fenomenele luminoase, deoarece și lumina se propagă prin unde. Îndesirea undelor (percepută în cazul undelor acustice ca o înălțare a tonului) este percepută de ochi ca o schimbare a culorii.

Principiul lui Doppler le dă astronomilor minunata posibilitate nu numai de a clarifica dacă o stea se apropie sau se depărtează de noi, dar mai permite și să se măsoare viteza acestei deplasări.

În acest caz, în ajutorul astronomului vine deplasarea laterală a liniilor întunecate care brăzdează banda spectrului. Observarea atentă a direcției și mărimii deplasării liniilor întunecate în spectrul unui astru le-a permis astronomilor să facă un șir întreg de descoperiri minunate. Astfel, datorită fenomenului Doppler, știm acum că steaua strălucitoare Sirius se depărtează de noi în fiecare secundă cu 75 km. Această stea se află la o distanță atît de uriașă de noi, încît chiar și o îndepărtare cu miliarde de kilometri nu-i știrbește nimic din luminozitate. Probabil că nu am fi aflat niciodată despre mișcarea acestui astru dacă nu am fi fost ajutați de fenomenul Doppler.

Acest exemplu ne demonstrează cu o deosebită claritate faptul că fizica este o știință cu adevărat a t o t c u p r i n z ă t o a r e. Stabilind legea pentru undele a c u s t i c e care ating ca lungime cîțiva metri, ea o aplică la undele l u m i n o a s e scurte, cu o lungime doar de cîteva zecimi de miimi de milimetru și utilizează aceste cunoștințe pentru a măsura mișcarea nestăvilită a sorilor uriași plasați în abisul necuprins al universului.

ISTORIA UNEI AMENZI

Cînd Doppler a ajuns pentru prima dată (în 1842) la ideea că apropierea sau depărtarea unul față de celălalt a observatorului și a sursei de sunet sau de lumină trebuie să fie însoțită de variația lungimii undelor acustice sau luminoase recepționate, el și-a exprimat părerea îndrăzneață

că tocmai în aceasta constă cauza coloritului variat al stelelor. Toate stelele, gîndea el, sînt de fapt de culoare albă; multe dintre ele însă par colorate pentru că se deplasează rapid față de noi. Stelele albe care se apropie de noi îi trimit observatorului terestru unde luminoase scurtate, care produc senzația de culoare verde, albastră sau violetă; dimpotrivă, stelele albe care se depărtează rapid ni se par galbene sau roșii.

Aceasta era o idee originală, dar incontestabil greșită. Pentru ca ochiul să poată observa variația culorilor stelelor datorită mișcării lor, ar fi trebuit înainte de toate să le atribuim stelelor niște viteze uriașe, de ordinul a zeci de mii de kilometri pe secundă. Dar și aceasta ar fi fost insuficient; este vorba de faptul că, simultan cu transformarea, de exemplu, a razelor albastre ale unei stele albe, care se apropie, în raze violete, cele verzi se transformă în albastre, locul celor ultraviolete este luat de cele violete, al celor roșii de infraroșii; prin urmare, părțile componente ale luminii albe sînt prezente, astfel încît, cu toate că are loc deplasarea generală a tuturor culorilor spectrului, ochiul nu ar fi putut observa nici o deosebire intervenită în culoarea stelei respective.

Altfel stau lucrurile cu deplasarea liniilor întunecate din spectrul stelelor care se deplasează în raport cu observatorul: aceste deplasări se măsoară cu ajutorul unor instrumente de precizie și permit să se determine viteza de deplasare a stelelor după raza vizuală (un spectroscop bun indică viteza stelei chiar dacă ea nu este decît de 1 km/s).

Cunoscutul fizician Robert Wood și-a amintit de eroarea lui Doppler atunci cînd un polițist a vrut să-l amendeze pentru că nu-și oprise din plină viteză automobilul, deși era pus stopul. După cum se povestește, Wood a căutat să-l convingă pe apărătorul ordinii că, atunci cînd un vehicul se deplasează cu o mare viteză, culoarea roșie este percepută ca verde. Dacă polițaiul ar fi avut cunoștințe de fizică, el ar fi putut calcula că pentru confirmarea spuselor savantului automobilul ar fi trebuit să gonească cu viteza astronomică de 135 000 000 km pe oră!

Iată acest calcul. Dacă notăm cu l lungimea de undă a luminii emise de sursă (în cazul de față de becul semnalizator), cu l' lungimea undelor recepționate de observator (profesorul din automobil), cu v viteza automobilului, iar

cu c viteza luminii, atunci relația dintre aceste mărimi, stabilită de teorie, este

$$\frac{l}{l'} = 1 + \frac{v}{c}.$$

Știind că unda cea mai scurtă corespunzătoare luminii roșii este egală cu 0,0063 mm, iar unda cea mai lungă a culorii verzi este egală cu 0,0056, înlocuim aceste valori în formulă. Viteza luminii ne este de asemenea cunoscută: 300 000 km/s. Avem deci:

$$\frac{0{,}0063}{0{,}0056} = 1 + \frac{v}{300\,000},$$

de unde viteza automobilului:

$$v = \frac{300\,000}{8} = 37\,500 \text{ km/s},$$

sau 135 000 000 km pe oră. La o astfel de viteză, Wood s-ar fi depărtat într-o oră și ceva de polițai la o distanță mai mare decît cea pînă la Soare. Se spune că el a fost totuși amendat pentru „depășirea vitezei admise".

CU VITEZA SUNETULUI

Ce ați auzi dumneavoastră dacă v-ați depărta cu viteza sunetului de o orchestră care cîntă?

Omul care vine de la Leningrad cu un tren de poștă vede în toate gările, la toate chioșcurile, aceleași numere ale ziarului, tocmai pe cele care au apărut în ziua plecării sale. Este un lucru firesc, pentru că numerele respective ale ziarului călătoresc împreună cu pasagerul, iar numerele mai noi se află în trenurile care-l urmează. Pe această bază s-ar putea trage concluzia că, depărtîndu-ne de orchestră cu viteza sunetului, noi vom auzi mereu aceeași notă pe care orchestra o cînta în momentul inițial al mișcării noastre.

Dar această concluzie nu este justă; dacă vă depărtați cu viteza sunetului, atunci undele acustice, rămînînd în

repaus relativ față de dumneavoastră, nu lovesc timpanul și, prin urmare, nu puteți auzi nici un sunet. Veți crede că orchestra nu mai cîntă.

Dar de ce comparația cu ziarele a dus la alt răspuns? Pur și simplu pentru că în cazul de față am făcut în mod greșit analogia. Pasagerul care găsește pretutindeni același număr al ziarului își va imagina (adică și-ar putea imagina dacă ar uita că se deplasează) că apariția numerelor noi a încetat în capitală din ziua plecării lui. Pentru el ziarele și-au încetat existența, așa cum ar fi încetat existența sunetului pentru auditorul aflat în mișcare. Este interesant că această problemă poate încuia uneori și pe fizicieni, deși de fapt ea nu este chiar atît de complicată. Controversînd cu mine — pe atunci eram încă elev — un astronom, decedat ulterior, nu era de acord cu această soluție a problemei de mai sus și afirma că, depărtîndu-ne cu viteza sunetului, noi trebuie să auzim tot timpul același ton. El își demonstra dreptatea făcînd următorul raționament (reproduc un pasaj din scrisoarea lui):

„Să presupunem că răsună o notă de o anumită înălțime. Ea a răsunat astfel din timpuri străvechi și va suna nedefinit. Observatorii plasați în spațiu o aud succesiv și, să admitem, fără atenuare. De ce oare n-am putea-o auzi, dacă ne-am deplasa cu viteza sunetului sau chiar a gîndului în locul oricăruia din acești observatori?“

Tot astfel el demonstra că observatorul care se depărtează de fulger cu viteza luminii va vedea tot timpul, neîntrerupt, acest fulger:

„Imaginați-vă — îmi scria el — un șir neîntrerupt de ochi în spațiu. Fiecare dintre ei va primi senzația luminoasă după cel precedent; imaginați-vă că vă puteți transporta cu viteza gîndului, succesiv, în locul fiecăruia din acești ochi și este clar că veți vedea tot timpul fulgerul“.

Bineînțeles că nici una dintre cele două afirmații nu este justă: în condițiile menționate, noi nu vom auzi sunetul și nu vom vedea fulgerul. De altfel acest lucru se vede din formula din pagina 293; dacă înlocuim în ea $v = -c$, atunci lungimea undei recepționate l' este infinită, ceea ce este identic cu absența undelor.

* * *

Fizica distractivă s-a încheiat. Dacă ea a trezit dorința cititorului de a cunoaște mai îndeaproape domeniul necuprins al acestei științe din care a fost cules acest mănunchi pestriț de informații simple, atunci sarcina autorului a fost îndeplinită, scopul a fost atins și el pune punct după ultimul său cuvînt cu un sentiment de satisfacție.

99 DE ÎNTREBĂRI LEGATE DE VOLUMUL AL DOILEA AL FIZICII DISTRACTIVE

1. Putem observa dintr-un balon aerian cum se învîrteşte globul pămîntesc?
2. O greutate lansată de aviator în timpul zborului cade vertical?
3. Se poate oare aranja astfel încît pasagerii să părăsească fără pericol trenul în timpul mersului?
4. Cînd un spărgător sparge gheaţa cu prora sa, este egală acţiunea lui cu reacţiunea gheţii?
5. De ce se înalţă racheta? S-ar înălţa o rachetă în spaţiul lipsit de aer?
6. Există animale care se mişcă asemenea unei rachete?
7. Oare întotdeauna forţele îndreptate în direcţii diferite nu-i comunică corpului nici o mişcare?
8. De ce arcul este mai rezistent decît tavanul plan?
9. Cum mişcă vîntul barca cu vele?
10. Avînd o pîrghie şi un punct de sprijin, am putea ridica globul pămîntesc?
11. Cum se explică faptul că nodul ţine trainic sforile care sînt legate cu el?
12. Am putea folosi nodurile dacă nu ar exista frecarea?
13. Arătaţi avantajele şi dezavantajele care s-ar crea în lipsa frecării.
14. Cînd o perie de podele este în echilibru pe speteaza unui scaun, care dintre părţile ei este mai grea: cea scurtă sau cea lungă?
15. De ce nu se răstoarnă titirezul pus în mişcare?
16. Cînd nu se varsă apa dintr-un pahar răsturnat?
17. Cînd o bilă liberă nu se rostogoleşte în jos pe pantă?

18. Unde este mai mare forţa gravitaţiei: la Leningrad sau la Moscova?
19. De ce nu observăm atracţia reciprocă a obiectelor dintr-o cameră?
20. Cît de mare ar fi săritura pe care aţi putea-o face pe Lună?
21. La ce înălţime ar zbura în Lună un glonţ dacă s-ar trage vertical în sus cu o armă modernă? Viteza iniţială a glontelui este de 900 m/s.
22. Dacă globul pămîntesc ar fi sfredelit de-a lungul diametrului şi în tunelul astfel format s-ar arunca o greutate, unde s-ar opri ea în lipsa rezistenţei aerului?
23. Cum trebuie săpat tunelul prin munte pentru ca el să nu fie inundat de ploi?
24. Se poate arunca de pe Pămînt un corp astfel încît el să nu cadă pe suprafaţa Pămîntului?
25. În ce ape de pe teritoriul U.R.S.S. nu se îneacă nici omul care nu ştie să înoate?
26. Cum funcţionează spărgătorul de gheaţă?
27. Navele înecate cad oare la fundul oceanului?
28. Pe care lege fizică s-a bazat ridicarea la suprafaţă a navei „Sadko"?
29. În ce constă „problema despre rezervoare" şi este ea corect rezolvată în manualele de aritmetică şcolare?
30. Se poate oare aranja astfel încît lichidul să curgă dintr-un vas în şuvoi neslăbit?
31. S-ar fi depărtat oare *emisferele de Magdeburg* dacă de fiecare parte ar fi tras cîte 8 elefanţi în loc de 8 cai, avîndu-se în vedere faptul că un elefant este de cinci ori mai puternic decît un cal?
32. Cum se explică funcţionarea pulverizatorului?
33. De ce se atrag reciproc două nave care plutesc alături?
34. Ce rol are băşica la plutirea peştelui?
35. Care sînt cele două feluri de curgere a lichidului cunoscute în fizică?
36. De ce fumul iese în rotocoale din coşul unei fabrici?
37. De ce fîlfîie steagul în bătaia vîntului?
38. De ce pe nisipul din deşert se formează valuri?
39. La ce înălţime trebuie să ne înălţăm în atmosferă pentru ca presiunea să scadă cu o miime?

40. Este oare aplicabilă legea lui Mariotte la aer sub o presiune de 500 de atmosfere?
41. În zilele cu vînt termometrul indică o temperatură mai scăzută decît în lipsa vîntului?
42. De ce în zilele cu vînt gerul este mai greu de suportat decît în cele fără vînt?
43. În zilele calde de vară vîntul aduce cu el totdeauna răcoare?
44. Pe ce se bazează acțiunea urcioarelor de răcire?
45. Cum putem construi un dulap frigorifer fără a folosi gheață?
46. Poate rezista organismul nostru la o căldură de 100°C?
47. De ce căldura de 36°C de la Tașkent se suportă mai ușor decît căldura de 24°C la Leningrad?
48. La ce servește sticla unei lămpi cu gaz?
49. De ce produsele arderii nu sting flacăra lămpii cu gaz sau a lumînării?
50. Cum ar arde flacăra în lipsa gravitației?
51. Cum s-ar încălzi pe un primus apa în lipsa forței de gravitație?
52. De ce apa stinge focul?
53. Pe ce se bazează stingerea incendiului din stepă prin metoda incendierii în sens contrar?
54. Va fierbe apa curată într-un vas încălzit cu apă clocotită?
55. Va îngheța apa dintr-o sticlă cufundată într-un amestec de apă cu gheață?
56. Poate să fiarbă apa la temperatura camerei?
57. Cum se determină presiunea atmosferică cu ajutorul termometrului?
58. Există gheață fierbinte?
59. Care dintre magneți sînt mai puternici: cei naturali sau cei artificiali?
60. Ce metale în afară de fier sînt atrase de magneți?
61. Există metale respinse de magneți puternici?
62. Exercită oare magnetul vreo influență asupra lichidelor și gazelor?
63. În ce loc al globului pămîntesc acul magnetic indică nordul (sudul) cu ambele lui vîrfuri?
64. Ce atracție este mai puternică: a fierului de către magnet sau a magnetului de către fier?

65. Ce organ al simțurilor percepe acțiunea forței magnetice?
66. Macaraua electromagnetică poate ridica calupuri de metal încandescent?
67. De ce apropierea unui magnet puternic dăunează ceasului de aur? Care este ceasul pentru care este inofensivă această acțiune?
68. Ce este ceasul cu radiu? Poate fi numit el *perpetuum mobile?*
69. Cum se determină pe baza integrării radioactive vîrsta mineralelor și a Pămîntului?
70. De ce păsările se așază, fără nici un pericol pentru ele, pe firele conductorilor de înaltă tensiune?
71. Cît timp durează un fulger?
72. Ce unghi trebuie să formeze între ele două oglinzi pentru ca un obiect reflectat în ele să dea șapte imagini?
73. Ce diferență este între motorul solar și încălzitorul solar?
74. Ce este „heliotehnica"?
75. De ce cristalinul ochiului este rotund la pești?
76. Putem citi o carte stînd cufundați sub apă?
77. Cine distinge mai bine obiectele sub apă: scafandrul cu cască pe cap sau omul care s-a cufundat sub apă fără cască?
78. Poate servi o lentilă biconvexă pentru micșorarea obiectelor? Dar lentila biconcavă poate servi pentru a le mări?
79. De ce fundul iazului pare înălțat?
80. Ce este „unghiul de limită"?
81. Ce este „reflexia totală"?
82. La ce folosește peștilor culoarea lor argintie?
83. Ce este „pata oarbă" din ochiul nostru? Cum să ne convingem de existența ei?
84. Ce este „unghiul vizual"?
85. La ce distanță de ochi trebuie ținută o monedă pentru ca ea să acopere complet Luna plină?
86. Cît de mult se depărtează laturile unui unghi de 1′ la distanța de 10 m de vîrf?
87. Diametrul lui Iupiter este aproximativ de 10 ori mai mare decît diametrul Pămîntului. La ce distanță de noi se află această planetă cînd discul ei se observă sub un unghi de 40″?

88. Cum trebuie înțelese expresiile: „microscopul mărește de 300 de ori“, „telescopul apropie de 500 de ori“?
89. De ce adesea pe ecran roțile automobilului se învîrtesc înapoi în timp ce automobilul avansează?
90. Se poate oare aranja astfel încît un ax care se rotește repede să apară oprit pentru ochiul nostru?
91. Este oare adevărat că iepurele vede obiectele aflate în spatele lui fără să-și întoarcă capul?
92. Este adevărat că „noaptea toate pisicile sînt cenușii“?
93. Ce se propagă mai repede: semnalul radio sau sunetul în aer?
94. Ce se mișcă mai repede: glonțul sau detunătura?
95. Ce sunete acustice nu sînt percepute de urechea noastră?
96. Sunetele insonore au vreo utilizare tehnică?
97. Ce este „norul acustic“?
98. Cum variază tonul sirenei unei locomotive care se apropie?
99. Ce am auzi dacă ne-am depărta de orchestră cu viteza sunetului?

ANEXĂ[1]

Oameni de știință și literați menționați în lucrare.

ARAGO, DOMINIQUE FRANÇOIS (1786—1853)

Astronom și fizician francez.

Cunoscut popularizator de știință. Începutul vieții i-a fost zbuciumat; în insula Maiorca a căzut în captivitatea spaniolilor, răsculați contra francezilor.

În fizică s-a ocupat cu cercetări în domeniul opticii și al electromagnetismului. A publicat multe observații astronomice. Din anul 1809 a fost profesor la Politehnica din Paris.

ARHIMEDE (287—212 î.e.n.)

Cel mai mare matematician și fizician al antichității a trăit în orașul natal Siracuza (în Sicilia) și a murit tot acolo în timpul războiului cu romanii, cînd un soldat l-a asasinat pe savantul adîncit în rezolvarea unei probleme.

Nu se știe cine l-a inițiat în matematică.

A scris lucrări cu caracter pur matematic (numerarea firelor de nisip), apoi lucrări de geometrie (măsurarea cercului, dînd pentru π valoarea $3\frac{10}{70} < \pi < 3\frac{10}{71}$, sfera, cilindrul, cvadratura parabolei, sferoizi, conoizi, spirale etc.), lucrări de fizică (echilibrul planelor, plutirea corpurilor) și lucrări de astronomie.

A fost un mare tehnician, fiind un ingenios inventator și constructor de mașini. El a organizat apărarea orașului său natal împotriva cotropitorilor întrebuințînd diferite mașini, după cum ne arată scrierile contemporane.

---

[1] Întocmită de traducători.

Marcellus i-a ridicat un monument funerar pe care a gravat următoarea teoremă cunoscută a lui Arhimede: volumul conului, al semisferei și al cilindrului cu aceeași bază și înălțime sînt în raport de 1 : 2 : 3.

ARISTOTEL (384—322 î.e.n.)

Filozof grec, cel mai mare gînditor al antichității. A fost elevul lui Platon timp de 17 ani.

Către sfîrșitul vieții a întemeiat și a condus o școală filozofică în Atena, în gimnaziul Lykeion.

El a pus bazele logicii formale ca știință. A scris lucrări de metafizică, etică și lucrări de științele naturii, descriind mai multe specii de animale.

Conform teoriei lui, universul este o sferă, avînd în centru Pămîntul, iar pe suprafața acestei sfere se mișcă celelalte corpuri cerești.

Privitor la viața societății omenești este de părere că scopul statului trebuie să fie îndrumarea cetățenilor spre virtute. Cu toate aceste convingeri ale sale, admitea sclavagismul.

Concepțiile lui Aristotel s-au bucurat de o mare răspîndire nu numai în Evul Mediu, ci și mai tîrziu.

BERNOULLI, DANIEL (1700—1782)

Matematician elvețian. Originar dintr-o familie care în secolele XVII—XVIII a dat opt matematicieni. Este fiul lui Johann Bernoulli (1667—1748), și el matematician renumit, care a avut trei fii, toți matematicieni.

Bernoulli Daniel a fost profesor de fizică la Basel. Are lucrări importante de hidrodinamică și acustică. Studiile sale despre gaze formează începuturile teoriei moderne a gazelor.

BORELLI, GIOVANNI ALFONSO (1608—1679)

Medic și matematician italian.

La începutul activității sale a fost profesor în Messina, apoi la universitatea din Pisa, unde a predat matematică, fizică, astronomie și medicină. Opera cea mai importantă a acestui învățat poartă titlul *De motu animalium* (Despre mișcarea animalelor).

BOYLE, ROBERT (1627—1691)

Fizician, chimist și filozof englez.

Reîntorcîndu-se din călătoriile făcute în tinerețe s-a dedicat științei.

A descoperit independent de Mariotte o lege a gazelor, potrivit căreia presiunea gazelor perfecte la temperatură constantă este invers proporțională cu volumul (legea Boyle-Mariotte). A studiat comportarea corpurilor în vid.

A produs hidrogenul și a aplicat teoria atomică la explicarea transformărilor chimice.

Boyle a fost adeptul materialismului mecanicist, încercînd să explice toate fenomenele și procesele ce se petrec în natură prin legile mecanice.

BRUNELLESCHI, FILIPPO (1377—1446)

Sculptor și arhitect italian.

Și-a început activitatea ca și alți sculptori în atelierul unui giuvaergiu.

Ni s-au păstrat mai multe lucrări de-ale lui. La Roma a studiat arhitectura. Dintre construcțiile lui mai importante se pot menționa cupola catedralei din Florența și construirea mai multor biserici și palate.

A stabilit legile perspectivei și a deschis direcții noi în arhitectură.

CEHOV, ANTON PAVLOVICI (1860—1904)

Mare scriitor rus.

A studiat și terminat medicina, dar a practicat-o puțin. Activitatea literară și-a început-o ca elev de liceu. A publicat numeroase schițe, nuvele, drame și descrieri de călătorie. În opera sa el zugrăvește cu talent contradicțiile din viața Rusiei țariste, dînd o imagine a claselor sociale în preajma revoluției burghezo-democratice. În mărunțele acțiuni ale vieții cotidiene apare îmbuibarea clasei dominante exploatatoare și mizeria claselor asuprite.

A exercitat influență asupra dezvoltării literaturii ruse. Această influență s-a resimțit în lucrările scriitorilor ruși I. A. Bunin, A. I. Kuprin și în dramaturgia lui M. Gorki.

Dar influența creației lui Cehov nu s-a mărginit numai la literatura rusă, ci a trecut peste granițele Rusiei.

Este un reprezentant de seamă al realismului critic în literatura universală.

CLEMENT, DESORMES (1779—1842)

Fizician și chimist francez.

A studiat căldura specifică a gazelor și alte proprietăți ale lor. În chimie a pus în aplicare a metodă pentru fabricarea acidului sulfuric, fabricare care a luat mai tîrziu o dezvoltare mare.

COLUMB CRISTOFOR (Numele spaniol Cristobal Colon) (1446—1506)

Navigator italian, descoperitorul Americii.

Din hărțile și scrierile păstrate de socrul său, și el navigator, și-a format părerea că există o cale mai scurtă spre Indii. Între anii 1492—1504, avînd aprobarea regelui Spaniei, Ferdinand de Aragon și a soției sale, Izabella de Castillia, a întreprins patru călătorii. În cursul acestor călătorii a descoperit insula Guanahami, Cuba, Haiti, Antilele, insula Dominico, Monserrat și Porto Rico. După reîntoarcerea din primele două călătorii a fost primit în Spania cu mare fast, dar în urma intrigilor de la curtea regală i s-au adus mai tîrziu diferite acuzații. Deși nevinovăția sa a fost dovedită, totuși în restul vieții sale a fost dat uitării, recunoscîndu-i-se abia după moartea sa marile merite pentru dezvoltarea comerțului și a navigației și pentru lărgirea cunoștințelor despre Pămînt.

COOPER, JAMES FENIMORE (1789—1851)

Romancier american.

A studiat dreptul, a servit apoi în marină și după ce în călătoriile sale a acumulat mult material a devenit scriitor.

În romanele sale tratează luptele pentru independență, viața indienilor și lupta lor împotriva colonialiștilor.

CYRANO, DE BERGERAC, SAVINIEN (1619—1655)

Scriitor francez inventiv.

Gînditor materialist. A scris tragedii şi comedii. Opera sa despre o călătorie în Lună şi Soare cuprinde multe elemente satirice. Viaţa lui plină de aventuri a inspirat celebra comedie a lui Edmond Rostand, comedie care poartă numele lui Cyrano de Bergerac.

DARWIN, CHARLES ROBERT (1809—1882)

Naturalist englez.

Descendentul unei familii de naturalişti. După terminarea liceului a studiat medicina şi teologia. La vîrsta de 22 de ani a plecat într-o călătorie în jurul Pămîntului. Pentru cercetările sale, a adunat mult material în călătoria întreprinsă: plante, animale şi fosile. Acest material l-a publicat mai tîrziu. A studiat viaţa şi obiceiurile oamenilor.

Lucrarea sa despre *Originea speciilor*, publicată în anul 1859, i-a făcut numele nemuritor. În această operă Darwin susţine că animalele şi plantele în existenţa lor sînt supuse continuu unei evoluţii, unor modificări în urma cărora dispar formele vechi şi se nasc forme noi. Observînd şi sintetizînd aceste modificări a creat teoria *selecţiei naturale* afirmînd că modificările obvenite se moştenesc de la o generaţie la alta. Pentru evoluţia vietăţilor Darwin a supraestimat rolul luptei pentru existenţă, considerînd această luptă pentru existenţă ca singurul factor determinant în transformarea organismelor.

DOPPLER, CHRISTIAN (1803—1853)

Matematician şi fizician german.

A fost profesor de matematică şi fizică la mai multe institute, a funcţionat ca profesor de fizică şi la Institutul politehnic din Viena.

A efectuat diferite cercetări în domeniul fizicii şi astronomiei.

De numele lui este legat principiul potrivit căruia înălţimea sunetului se schimbă dacă izvorul sunetului şi observatorul nu sînt în repaus şi se apropie sau se depărtează unul de celălalt. Principiul este valabil şi pentru culoarea luminii.

EULER, LEONHARD (1707—1783)

Matematician şi fizician elveţian.

A fost mult timp profesor la universitatea din Petersburg.

A depus o activitate intensă în toate domeniile fizicii şi matematicii pe care n-a întrerupt-o nici după ce şi-a pierdut vederea.

A adus contribuţii valoroase în calculul variaţiilor, în teoria ecuaţiilor diferenţiale, în optică, în mecanică, în astronomie etc.

FLAMMARION, CAMILLE (1842—1925)

Astronom francez.

A lucrat la observatorul astronomic din Paris, iar mai tîrziu a avut şi el un observator astronomic particular, unde a făcut mai multe descoperiri privitoare la corpurile cereşti. A publicat lucrări pentru popularizarea astronomiei.

GALILEO, GALILEI (1564—1642)

Mare învăţat italian născut la Pisa.

La începutul activităţii sale s-a pregătit pentru medicină la universitatea din Paris. Studiind fizica lui Aristotel, a observat lipsurile ei. Pentru a le putea combate, a început să studieze matematica, considerînd matematica ca bază pentru cercetarea naturii. A activat în Florenţa; din 1589 a fost profesor de matematică la Pisa, iar mai tîrziu la universitatea din Padua.

A desfăşurat o activitate multilaterală, a studiat mişcarea pendulului, greutatea specifică a corpurilor, căderea liberă a corpurilor, legea inerţiei etc.

A construit o lunetă cu ajutorul căreia a făcut diferite descoperiri astronomice. Din cauza descoperirilor şi a adeziunii sale la sistemul planetar al lui Copernic, a suferit pînă la moarte multe persecuţii din partea inchiziţiei papale. În cele din urmă a fost constrîns să-şi retracteze învăţăturile sale despre sistemul solar.

GOGOL, NIKOLAI VASILIEVICI (1809—1852)

Scriitor rus.

Reprezentant al realismului critic rus. A scris romane, nuvele şi comedii. În lucrările sale satirizează corupţia moşierimii şi a aparatului administrativ din regimul ţarist, în fă-

țișînd portrete ale reprezentanților claselor dominante exploatatoare, ale micilor salariați din provincie și ale oamenilor asupriți.

Ca umorist ocupă un loc de frunte în literatura universală. Creația sa literară a exercitat o influență atît asupra dezvoltării literaturii ruse, cît și asupra altor literaturi.

GUERICKE, OTTO VON (1602—1686)

Fizician german, născut în Magdeburg, a decedat în Hamburg.

A fost primarul orașului Magdeburg.

A inventat pompa pneumatică cu care a făcut mai multe experiențe.

A construit un barometru cu apă, un termometru cu aer și o mașină electrică.

A studiat și cometele.

GUILLAUME, CHARLES EDUARD (1861—1930?)

A fost directorul Institutului de măsuri din Franța. A făcut studii asupra termometrului cu mercur. A inventat metalul „invar", un aliaj din nichel și oțel.

A scris mai multe lucrări despre unitățile de măsură.

În anul 1920 a primit premiul Nobel.

HELMONT, JOHANN BAPTIST VAN (1577—1644)

Medic și filozof olandez.

A făcut studii de medicină chirurgicală. După călătoriile făcute în mai multe țări s-a dedicat exclusiv chimiei. A combătut teoriile lui Paracelsus (medic elvețian, care a introdus în medicină practici de vrăjitorie).

HERON DIN ALEXANDRIA (secolul I sau al II-lea î.e.n.)

Tehnician, fizician și matematician grec.

Din lucrările lui ni s-au păstrat următoarele: Prese și automate, Mecanica și katoptrica, Metrica și dioptrica. În operele sale care ni-l prezintă ca pe un talent practic, inventiv și genial, descrie instrumente acționate de aer cald și aburi. A construit

între altele jucării hidraulice și mecanice, apoi un instrument pentru măsurări de lungime și altitudini, numit dioptra.

A cunoscut legile pentru reflectarea luminii.

A sistematizat cunoștințele despre ariile figurilor plane, despre suprafețele și volumele corpurilor. Dă formule pentru aproximarea rădăcinii pătrate și cubice. Rezolvă ecuații nedeterminate.

KANT, IMMANUEL (1724—1804)

Filozof idealist german.

S-a născut în Königsberg, unde și-a petrecut aproape toată viața. Lenin caracterizează filozofia lui Kant astfel: „Trăsătura esențială a filozofiei lui Kant rezidă tocmai în concilierea materialismului cu idealismul, în stabilirea unui compromis între acestea, în combinarea într-un singur sistem a unor curente filozofice eterogene, opuse".

Învățătura lui Kant a avut o mare influență atît asupra filozofiei contemporanilor săi, cît și asupra învățaților care mai tîrziu au dezvoltat doctrina lui filozofică.

KRÎLOV, IVAN ANDREEVICI (1769—1844)

Fabulist rus.

A scris mai multe fabule în care biciuiește clasele conducătoare din Rusia țaristă, demascînd îngîmfarea, birocratismul, abuzurile și alte vicii ale claselor dominante.

Comediile lui nu s-au bucurat de o prea bună primire. Unele fabule ale lui au servit ca izvor fabulistului român Alexandru Donici.

LAPLACE, PIERRE SIMON DE (1749—1827)

Matematician, fizician și astronom francez.

A lucrat în domeniul calculului probabilităților și al ecuațiilor diferențiale parțiale.

În fizică a adus contribuții privitoare la refracția luminii, la studiul gazelor, la viteza sunetului și la căldură.

A continuat și adîncit lucrările astronomice ale lui Newton. Opera lui principală este „Mecanica cerească".

LAVOISIER, ANTOINE LAURENT (1743—1794)

Fizician și chimist francez.

A studiat teoria arderii, a analizat apa, a elaborat principiul conservării materiei. A folosit balanța pentru cercetările sale.

A avut un sfîrșit tragic, ca fost arendaș al impozitelor fiind condamnat la moarte.

LEONARDO DA VINCI (1452—1519)

Arhitect, sculptor, pictor, naturalist italian.

Educația și-a făcut-o în atelierul lui Andrea Verrochio din Florența.

A activat în orașele Milano, Mantua, Veneția, Florența și Roma. Către sfîrșitul vieții a trecut în Franța, unde a și murit.

Ni s-au păstrat mai multe picturi cu caracter religios și portrete, dintre care cel mai renumit este Mona Lisa, cunoscută și sub numele de Gioconda.

Ca sculptor a creat statuia lui Francesco Sforza.

A scris tratate de anatomie, de pictură, de perspectivă geometrică și de proporționalitate. Talent multilateral, fiind și muzicant și scriitor.

Dintre lucrările lui ni s-au păstrat numeroase desene.

LOMONOSOV, MIHAIL VASILIEVICI (1711—1765)

Savant enciclopedist și scriitor rus.

A fost profesor de chimie la universitatea din Petersburg. A desfășurat o intensă activitate științifică în domeniul chimiei, fizicii și geologiei, făcînd diferite descoperiri.

A scris și ode, cîntece și epistole. A pus bazele prozodiei rusești și a scris prima gramatică sistematică a limbii ruse.

Universitatea din Moscova îi poartă numele.

LUCRETIUS, TITUS LUCRETIUS CARUS (97—53 î.e.n.)

Poet și filozof naturalist roman.

Opera sa principală este „De natura lucrurilor" („De natura rerum"). În această lucrare, principiile materialiste ale lui Lucretius se amestecă cu puține elemente idealiste. În lume — zice Lucretius — nu există nimic afară de materia alcătuită din atomi. Diversitatea lucrurilor rezultă din combinarea diversă a atomilor. Lumea nu este creată de nici o zei-

tate. Critică prejudecăţile religioase. Este adeptul vieţii liniştite aici pe pămînt, căci după moarte nu există altă viaţă.

Opera lui Lucretius a contribuit mult la răspîndirea şi dezvoltarea ulterioară a materialismului.

MARCONI, GUGLIELMO (1874—1937)

Electrician şi inventator italian.

În urma experimentărilor începute în 1897 a reuşit să întrebuinţeze undele electrice pentru telegrafia fără fir. În 1902 a transmis prima telegramă fără fir din Irlanda în Canada. În 1909 a primit premiul Nobel.

MARIOTTE, EDME (1620—1684)

Fizician francez.

Experimentator dibaci care, deşi a avut cunoştinţe defectuoase de matematică, a realizat multe descoperiri. A studiat lichidele în mişcare şi în echilibru, şi fenomenele optice.

A stabilit, independent de Boyle, legea presiunii gazelor, numită legea Boyle-Mariotte, potrivit căreia, la temperatură constantă, presiunea gazelor perfecte este invers proporţională cu volumul lor.

MASKELYNE, NEVIL (1732—1811)

Astronom englez.

A fost directorul observatorului astronomic din Greenwich. A studiat atracţia corpurilor terestre. În anul 1775 a calculat densitatea medie a Pămîntului.

MAUPERTUIS, PIERRE LOUIS MOREAU DE (1698—1759)

Fizician şi matematician francez.

După ce s-a retras din armată, s-a dedicat exclusiv cercetărilor ştiinţifice. A elaborat numeroase lucrări de matematică şi fizică.

A participat la lucrările pentru măsurarea meridianului pămîntesc.

MONTGOLFIER, JOSEPH MICHEL (1740—1810)

Industriaş şi inventator francez.

A studiat matematica și mecanica. A condus fabrica de hîrtie a tatălui său.

MONTGOLFIER, JACQUES ETIENNE (1745—1799)

La începutul activității sale a fost arhitect, apoi fabricant de hîrtie împreună cu fratele său, Montgolfier, Joseph Michel.

Cei doi frați Montgolfier au construit primul aerostat cu aer cald în anul 1783 și au elaborat mai multe lucrări privind mașinile aerostatice.

Etienne Montgolfier a stabilit metoda pentru îmbunătățirea calității hîrtiei.

MURRAY, JOHN (1841—1914)

Oceanograf american.

A participat la mai multe expediții oceanografice. A coordonat rezultatele expediției din 1872—1876, care au fost publicate în mai multe volume.

A elaborat numeroase lucrări despre fauna oceanelor.

A înființat cîteva stații pentru cercetări maritime.

MÜNCHHAUSEN, KARL FRIEDRICH HIERONYMUS (1720—1797)

Scriitor rus.

A fost ofițer în armata rusă. După demisia din armată a trăit la moșia sa.

S-a făcut cunoscut prin povestirile sale, care cuprind situații și întîmplări exagerate și miraculoase.

NEWTON, ISAAC (1643—1727)

Mare matematician, fizician și astronom englez.

Fondatorul matematicii, fizicii și astronomiei moderne.

A desfășurat o activitate științifică multilaterală. Șirul binomial, calculul diferențial, gravitația generală, legile fundamentale ale mecanicii, teoria luminii, diferite aparate optice și multe alte probleme care l-au preocupat, l-au făcut nemuritor.

AVLOV, IVAN PETROVICI (1849—1936)

Savant fiziolog sovietic.

A fost profesor la Academia medico-chirurgicală, apoi director al Institutului de medicină.

Renumele mondial de savant și l-a cîștigat prin cercetările în domeniul fiziologiei digestiei și prin studiile privind activitatea emisferelor cerebrale.

A descoperit reflexele condiționate, adică reflexele provocate și însușite de modul de viață.

Este adeptul materialismului în știință.

PERELMAN, IACOB ISIDOROVICI (1882—1942)

Popularizator de știință sovietic.

I.I. Perelman, autorul acestei cărți, după ce a terminat învățămîntul primar și liceul în orașul său natal, Belostok, din gubernia Grodenenskaia, a urmat studiile superioare la Institutul de Silvicultură din Petersburg.

Perelman n-a profesat practic silvicultura, ci s-a dedicat carierei de profesor.

Vocația și talentul său de popularizator de știință s-au manifestat încă pe băncile școlii.

A scris mai multe lucrări pentru popularizarea științei care au fost traduse în mai multe limbi.

A murit la 16 martie 1942, în urma muncii intense depusă pentru apărarea orașului-erou, Leningrad, și în urma lipsurilor provocate de blocada fascistă a orașului.

PERRY, JOHN (1850—1920)

Fizician englez.

A construit un dinam, lămpi electrice, aparate de măsurat etc.

PICARD, AUGUSTE (1884—1962)

Explorator elvețian.

A fost profesor la universitatea din Bruxelles.

A făcut ascensiuni în stratosferă cu stratostatul inventat de el, iar cu batiscaful a coborît în adîncimile mării pentru a efectua studii.

PLATEAU, JOSEPH (1801—1883)

Fizician belgian.

A fost profesor la universitatea din Geneva. A studiat fenomenele optice, cele capilare și suprafața lichidelor aflate în echilibru.

PLINIUS CEL BĂTRÎN, CAIUS PLINIUS SECUNDUS (23—79 e.n.)

Naturalist roman.

A fost ofițer. Are lucrări istorice și de tactică militară.

Ni s-a păstrat lucrarea sa cea mai importantă, Istoria naturală, care este o enciclopedie compusă după mai multe opere latine și eline.

A murit în timpul erupției Vezuviului, fiind victima dorinței sale de a studia acțiunea vulcanului.

PLUTARH (circa 48 — circa 120 e.n.)

Istoric și filozof grec.

Scriitor fecund. Opera sa principală, „Viețile paralele", care cuprinde biografiile oamenilor de stat romani și greci, se mărginește mai mult la înșirarea meritelor și calităților celor tratați și e lipsită de critică.

În lucrările sale filozofice expune problemele vieții cotidiene.

POE. EDGAR ALLAN (1809—1849)

Poet și prozator american.

Persoană foarte talentată, dar și foarte neechilibrată. Poeziile lui cuprind multe elemente înfiorătoare. În proză tratează istorioare polițiste și fantastico-științifice.

După moartea soției sale a decăzut și a murit în delirium tremens, boală cauzată de abuzul băuturilor alcoolice.

POMEALOVSKI, NIKOLAI GHERASIMOVICI (1835—1863)

Scriitor rus.

A scris romane în care arată, între altele, urmările nefaste ale educației religioase.

PUȘKIN, ALEKSANDR SERGHEEVICI (1799—1837)

Poet rus.

A primit educație franceză. Primele lui lucrări au și apărut în limba franceză. Prin poemul „Ruslan și Ludmila" a devenit celebru în literatura rusă.

A scris poezii epice și lirice, romane, nuvele și piese de teatru. În scrierile sale critică țarismul, cîntă dorul de libertate și dragostea de viață a poporului.

Pușkin este unul din marii lirici ai literaturii universale.

Pentru ideile progresiste ce le-a profesat a fost exilat din capitală.

A fost ucis într-un duel, pus la cale de curtea țaristă.

SEGNER, IOAN ANDREI (1704—1777)

Fizician german.

Un timp oarecare a practicat medicina, apoi a devenit profesor de fizică la mai multe universități germane.

A publicat lucrări de mecanică. A construit aparate de fizică.

SWIFT, IONATHAN (1667 —1745)

Scriitor satiric englez.

În scrierile sale a satirizat cele trei biserici: catolică, protestantă și presbiteriană. A descris stările de mizerie și a militat pentru libertatea poporului din Irlanda.

Lucrarea lui cea mai mult citită poartă titlul: Călătoriile lui Gulliver în țara piticilor și în țara uriașilor. În cadrul acestor călătorii fantastice făcute în diferite țări, critică stările epocii sale și descrie viața luxoasă de la curte și viciile păturilor aristocratice, dar nu cruță nici burghezia.

TAIT, GUTHRIE (1831—1901)

Matematician și fizician englez.

A predat matematica și fizica la universitățile din Anglia.

TORRICELLI, EVANGELISTA (1608—1647)

Fizician italian.

După moartea lui Galileo Galilei (1642) a luat locul fostului său profesor și a devenit matematician și fizician la curtea prințului din Toscana.

Experienţa lui Torircelli pentru demonstrarea presiunii atmosferice asupra obiectelor a servit ca punct de plecare pentru inventarea barometrului. A stabilit legea de scurgere a lichidelor, a îmbunătăţit instrumentele pentru cercetarea corpurilor cereşti.

TWAIN, MARK (1835—1910)

Numele original: Samuel Langhorne Clemens.

Scriitor şi publicist american, celebru prin scrierile sale umoristice.

A fost tipograf, marinar şi apoi ziarist.

A călătorit mult.

A scris romane, nuvele, descrieri de călătorie, schiţe umoristice în care critică şi satirizează moravurile societăţii.

Este fondatorul realismului critic în literatura americană.

TYNDALL, JOHN (1820—1893)

Fizician englez.

A publicat mai multe studii privind acustica, căldura, diamagnetismul, conservarea energiei etc. A descoperit efectul de lumină ce-i poartă numele.

ŢIOLKOVSKI, KONSTANTIN EDUARDOVICI (1857—1935)

Inventator sovietic.

Lucrările sale privesc teoria avioanelor şi a diferitelor rachete cosmice.

VARIGNON, PIERRE (1654—1722)

Matematician francez.

A desfăşurat o activitate ştiinţifică fecundă în domeniul mecanicii, unde a continuat şi dezvoltat rezultatele obţinute de Galilei. O teoremă din mecanică despre mai multe forţe concurente este cunoscută sub numele lui.

VERNE, JULES (1828—1905)

Scriitor francez foarte fecund.

A scris romane de aventuri şi de popularizare a ştiinţei, cuprinzînd teorii considerate, pe vremea lui, fantastice, dar care azi, integral sau parţial, au devenit realizabile.

Este fondatorul romanului științifico-fantastic.

VINOGRADOV, ALEKSANDR PAVLOVICI (născut în 1895)

Academician sovietic.

A studiat componența scoarței pămîntești, a descris elementele ei și răspîndirea lor. Geochimist.

VOLTAIRE (1694—1778)

Numele lui este: François Marie de Arouet.

Scriitor și filozof francez.

A făcut studii juridice, dar l-a interesat mai mult literatura. Operele lui sînt numeroase și de toate genurile: epopee, tragedie, roman, nuvelă, epigramă și lucrări filozofice și istorice. În povestirea sa intitulată: „Micromegas", doi locuitori ai planetei Saturn descind pe pămînt, unde se miră de cruzimea războaielor nebune și de disputele sterile de metafizică.

N-a fost ateu, dar a combătut atitudinea clerului catolic. A sprijinit și apărat pe victimele justiției din vremea sa.

A fost închis în Bastilia de două ori și un timp expulzat din Franța pentru vederile sale progresiste.

A avut o corespondență vastă cu persoanele mai importante din timpul său.

Voltaire este un reprezentant al iluminismului francez, curent filozofic, care lupta contra nedreptăților sociale și cerea răspîndirea culturii în popor.

WELLS, HERBERT GEORGE (1866—1946)

Scriitor și publicist englez cu renume.

Bun cunoscător al științelor naturii.

Romanele și nuvelele sale, foarte răspîndite, conțin, pe lîngă multe elemente reale din științele naturii, și idei fantastice.

WIENER OTTO (1862 — 1927)

Fizician german.

A fost profesor la Universitatea din Leipzig.

A efectuat mai multe lucrări în domeniul opticii.

CUPRINS

Din partea redacţiei sovietice 5
Din prefaţa autorului la ediţia a 13-a 6

Capitolul 1. *Legile fundamentale ale mecanicii* 7

Metoda cea mai ieftină de a călători 7
„Pământule, opreşte-te!" 9
O scrisoare din avion 13
Lansarea bombelor 14
Trenul fără oprire 15
Trotuarele rulante 18
O lege dificilă 19
De ce-a pierit Sveatogor voinicul 21
Ne putem mişca fără sprijin? 21
De ce se înalţă racheta? 22
Cum se deplasează caracatiţa 25
Cu racheta spre stele. 26

Capitolul 2. *Forţa. Lucrul mecanic. Frecarea.* 29

Problema despre lebădă, rac şi ştiucă 29
Contrar afirmaţiilor lui Krîlov 31
Este uşor de sfărîmat coaja unui ou? 34
Cu pînzele sus împotriva vîntului 36
Ar fi putut Arhimede să ridice Pămîntul? 38
Voinicul lui Jules Verne şi formula lui Euler 40
De ce depinde rezistenţa nodurilor? 42
Dacă nu ar fi existat frecarea 43

Cauzele fizice ale catastrofei suferite de nava „Celiuskin“ 45
Bastonul autoechilibrat 48

Capitolul 3. *Mișcarea circulară* 50

De ce nu cade titirezul? 50
Arta jonglerilor 52
O nouă soluție a problemei lui Columb 54
Greutatea „distrusă“ 55
Sînteți în rolul lui Galileu 57
În discuție cu dumneavoastră 59
Finalul discuției noastre 60
În sfera „vrăjită“ 61
Telescopul lichid 65
„Bucla diavolului“ 67
Matematica în circ 69
Lipsă la cîntar 71

Capitolul 4. *Atracția universală* 73

Este mare forța de atracție? 73
Un cablu de oțel de la Pămînt pînă la Soare 74
Ne putem feri de gravitație? 74
Cum au zburat spre Lună eroii lui Wells? 79
O jumătate de oră în Lună 79
În Lună 81
Într-un puț fără fund 83
Un drum ca în poveste 85
Cum se sapă tunelurile 85

Capitolul 5. *O călătorie în proiectilul de tun* 89

Muntele lui Newton 89
Un tun fantastic 91
O pălărie grea 92
Cum poate fi atenuată zguduitura? 93
Pentru prietenii matematicii 94

Capitolul 6. *Proprietățile gazelor și ale lichidelor* 97

O mare în care nu te poți îneca 97
Cum funcționează un spărgător de gheață 100

Unde se află navele scufundate? 102
Cum s-au realizat visurile lui Jules Verne şi ale lui Wells? 104
Cum a fost ridicat la suprafaţă „Sadko"? 108
Un motor de apă „perpetuu" 109
Cine a introdus cuvintele „gaz" şi „atmosferă"? 112
O problemă aparent simplă 113
Problema bazinului 115
Vasul-minune 116
Povara din aer 118
Noile fîntîni ale lui Heron 121
Vase înşelătoare 124
Cît cîntăreşte apa dintr-un pahar răsturnat 125
De ce se atrag navele 125
Principiul lui Bernoulli şi urmările lui 129
Rolul vezicii aeriene la peşti 132
Unde şi vîrtejuri 134
O călătorie spre centrul Pămîntului 139
Fantezie şi matematică 140
Într-o mină adîncă 143
Spre marile înălţimi cu stratostatele 145

Capitolul 7. *Fenomenele calorice* 147

Evantaiul 147
De ce este mai răcoare cînd e vînt? 148
Suflul fierbinte al deşertului 149
Încălzeşte oare voalul? 150
Urcioarele răcitoare 150
Un „răcitor" fără gheaţă 152
Ce căldură putem suporta? 152
Termometru sau barometru? 154
La ce serveşte sticla de lampă 155
De ce nu se stinge de la sine flacăra? 156
Un capitol care lipseşte în romanul lui Jules Verne 157
Micul dejun în bucătăria imponderabilă 158
De ce apa stinge focul? 162
Cum se stinge focul cu ajutorul focului? 163
Poate fi încălzită apa cu ajutorul apei clocotite? 166

Poate fi făcută să fiarbă apa cu ajutorul zăpezii ? 167
„Supa din barometru“ 169
Totdeauna apa clocotită e fierbinte? 171
Gheaţa fierbinte 173
Frigul din cărbune 174

Capitolul 8. *Magnetismul. Electricitatea.* 176

„Piatra iubitoare“ 167
Problema busolei 177
Liniile forţelor magnetice 178
Cum se magnetizează oţelul? 180
Electromagneţii uriaşi 181
Scamatorii cu magneţi 183
Magnetul în agricultură 185
Maşina de zbor magnetică 185
Asemenea „sicriului lui Mahomed“ 187
Transportul electromagnetic 189
Bătălia dintre marţieni şi pămînteni 191
Ceasul şi magnetismul 193
„Perpetuum mobile“ magnetic 194
O problemă de muzeu 196
Încă un perpetuum mobile imaginar 196
Aproape perpetuum mobile 197
„Păsărica lui Hottabîci“ 199
De cîţi ani există Pămîntul? 202
Păsări pe conductori electrici 203
La lumina fulgerelor 205
Cît costă un fulger? 206
O ploaie torenţială în cameră 207

Capitolul 9. *Reflexia şi refracţia luminii. Vederea.* 210

O fotografie în cinci poziţii 210
Motoarele şi încălzitoarele solare 212
Visurile despre căciula fermecată 214
Omul invizibil 216
Puterea invizibilului 219
Preparate transparente 220
Invizibilul poate să vadă? 221

Coloritul de protecţie 223
Culoarea de protecţie 224
Ochiul omenesc sub apă 225
Cum văd scafandrii? 227
Lentilele de sticlă sub apă 227
Înotătorii lipsiţi de experienţă 228
Un ac invizibil 231
Lumea privită de sub apă 233
Culorile din adîncul apelor 238
Pata oarbă a ochiului nostru 239
Cît de mare ni se pare Luna 242
Dimensiunile vizibile ale aştirilor 244
Sphinxul. Povestire de Fdgar Poe 248
De ce măreşte microscopul? 252
Iluziile optice 255
O iluzie utilă pentru croitori 256
Ce este mai mare? 257
Forţa imaginaţiei 258
Încă o iluzie optică 259
Ce este aceasta? 262
Roţi neobişnuite 263
„Microscopul timpului" în tehnică 266
Discul lui Newton 268
De ce este iepurile saşiu? 269
De ce în întuneric toate pisicile sînt cenuşii? 271
Există oare raze de frig? 272

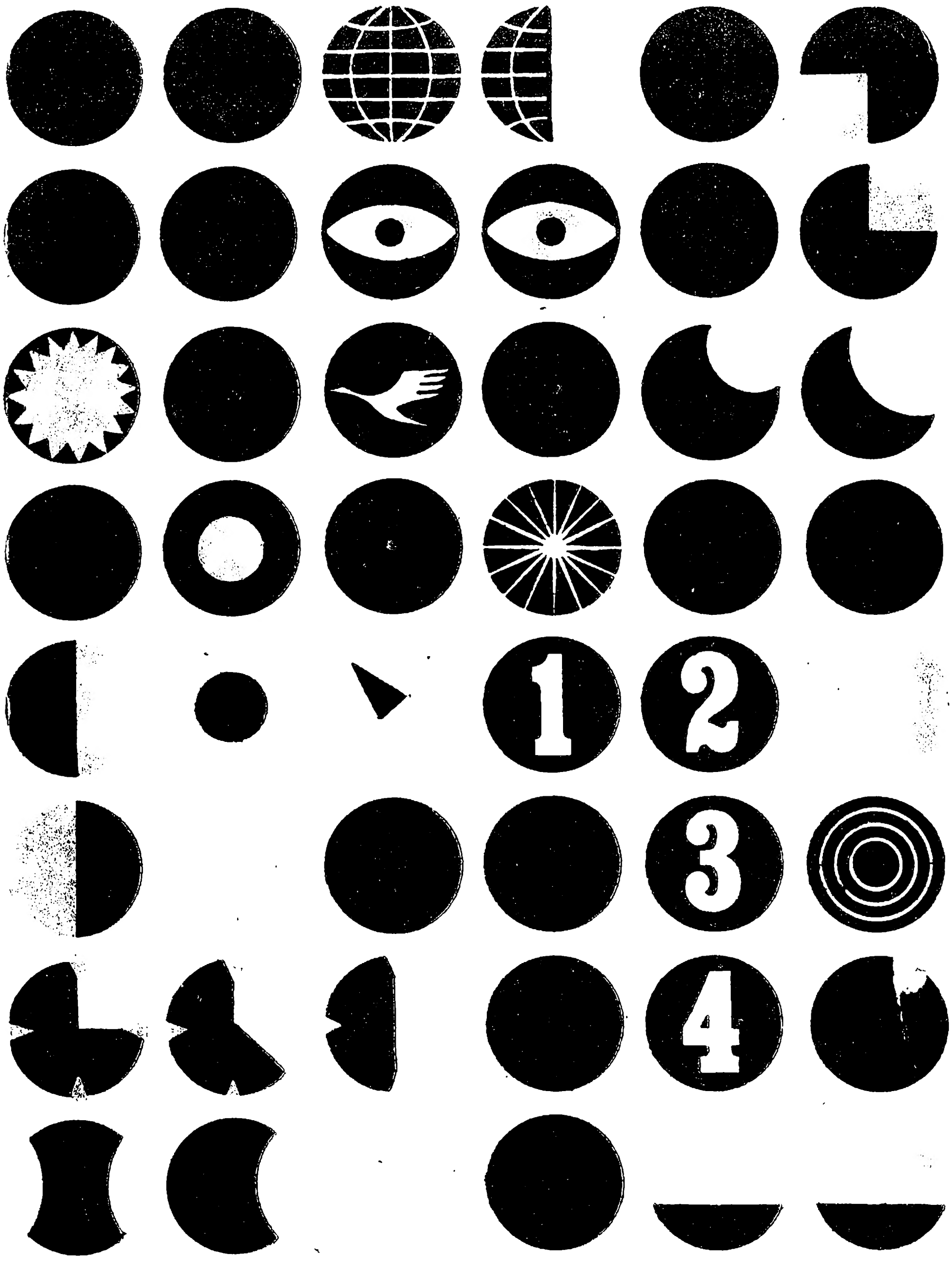
Capitolul 10. *Sunetul. Mişcarea ondulatorie.* 274

Sunetul şi undele de radio 274
Sunetele şi glonţul 275
O explozie falsă 276
Dacă viteza sunetului s-ar reduce... 277
Convorbirea cea mai înceată 278
Pe drumul cel mai rapid 279
Toba-telegraf 280
Norii acustici şi ecoul aerian 282
Sunetele care nu se aud 284
Ultrasunetele în slujba tehnicii 285
Vocile liliputanilor şi a lui Gulliver 286
Pentru cine apare de două ori pe zi ziarul? 287

Problema semnalelor de locomotivă 288
Fenomenul Doppler 290
Istoria unei amenzi 291
Cu viteza sunetului 293

99 de întrebări legate de volumul al doilea al fizicii distractive 296

Anexă 301



IA.I. PERELMAN

FIZICĂ DISTRACTIVĂ